

エネルギーイノベーションプログラム・環境安心イノベーションプログラム
ナノテク・部材イノベーションプログラム

「省水型・環境調和型水循環プロジェクト」 水循環要素技術研究開発(事後評価)

(2009年度～2013年度 5年間)

プロジェクトの概要(公開)

NEDO

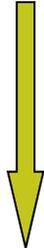
環境部

2014年 11月28日

I. 事業の位置づけ・必要性



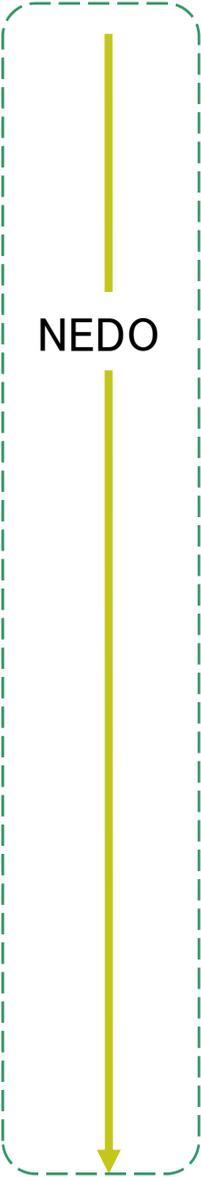
II. 研究開発マネジメント



III. 研究開発成果



IV. 実用化、事業化に向けての見通し及び取り組みについて



- ・社会的背景
- ・事業の目的
- ・イノベーションプログラムでの位置付け
- ・NEDOが関与する意義
- ・実施の効果

- ・事業の目標
- ・事業の計画内容
- ・研究開発の実施体制
- ・研究の運営管理
- ・情勢変化への対応

- ・開発目標と達成度
- ・検討内容

- ・実用化、事業化までのシナリオ
- ・波及効果

社会的背景

国内外の上・下・産業廃水等の水処理分野で高度水処理技術の普及が見込まれる ⇒ 水処理の省エネ化が必要不可欠

世界的な水需要逼迫 ⇒ 水処理の普及拡大への要請

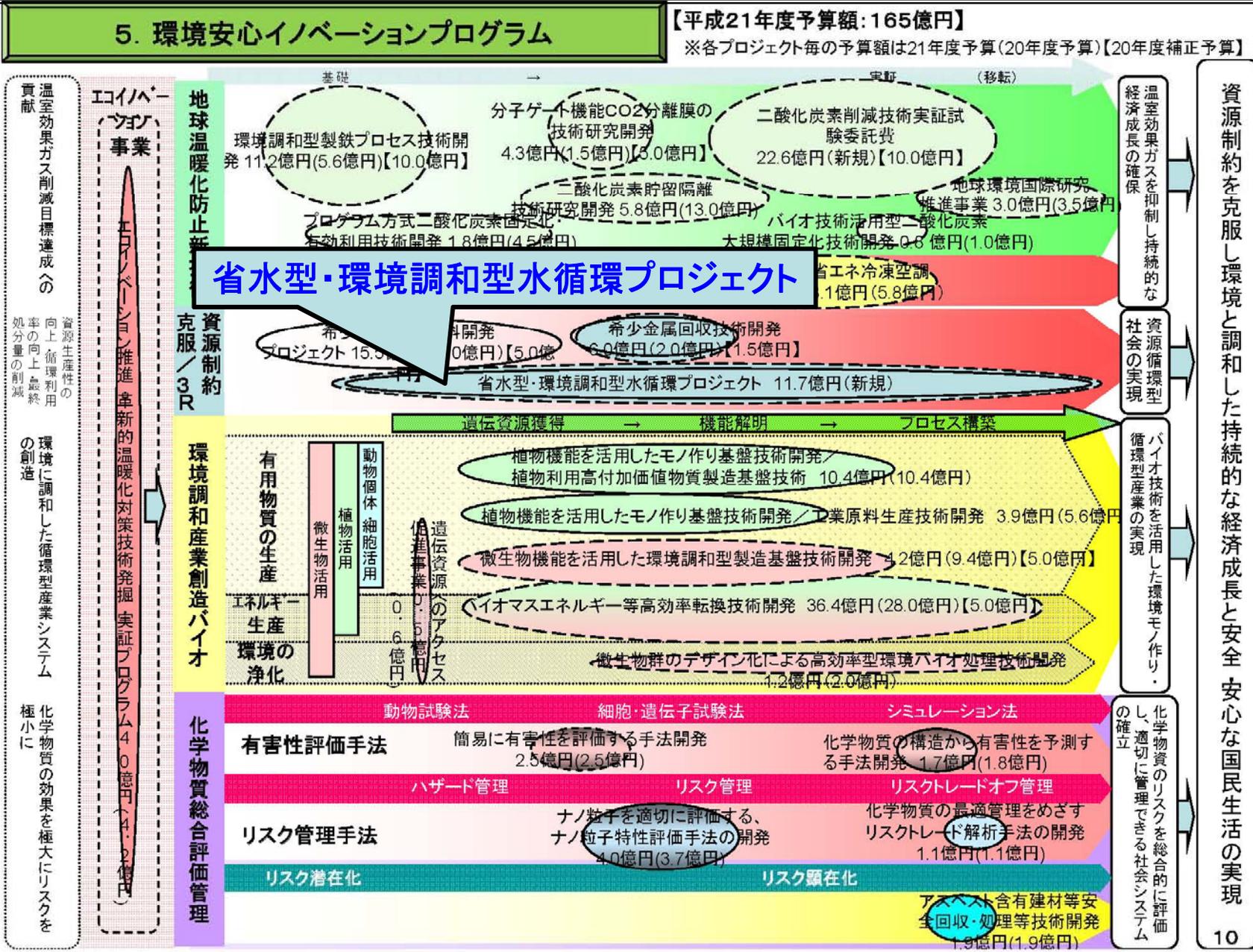
わが国の水関連産業の世界水ビジネスでの市場確保が必要

事業の目的

我が国が強みを持つ膜技術を始めとする水処理技術を強化するとともに、こうした技術を活用して、省水型・環境調和型の水循環システムを構築して、水循環システムにおける省エネ、産業競争力の強化に資する

1. 事業の位置付け・必要性について

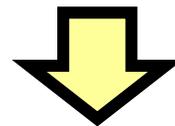
(1) NEDOの事業としての妥当性



NEDOが関与する意義

省エネかつ環境負荷低減に貢献する水循環要素技術開発

- 社会的必要性：大、国家的課題
- 我が国水産業の世界の市場シェア拡大に貢献
- 中長期的には世界的な水不足問題の解決に貢献
- 研究開発の難易度：高
- 投資規模：大＝開発リスク大



NEDOが持つこれまでの知識、実績を活かして推進すべき事業

1. 事業の位置付け・必要性について
 (1) NEDOの事業としての妥当性

公開

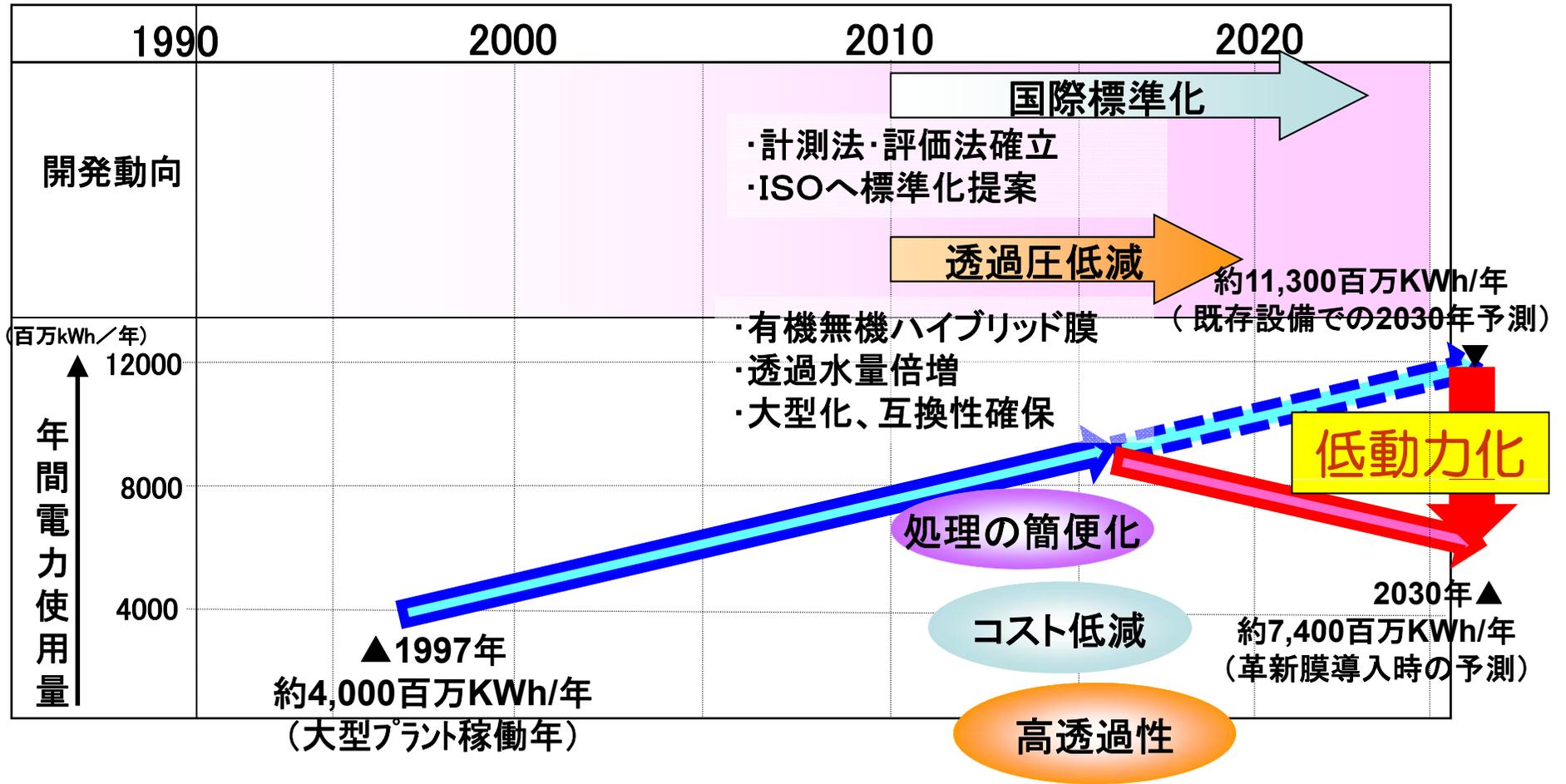
実施の効果(事業終了後想定)

(2020年推定)

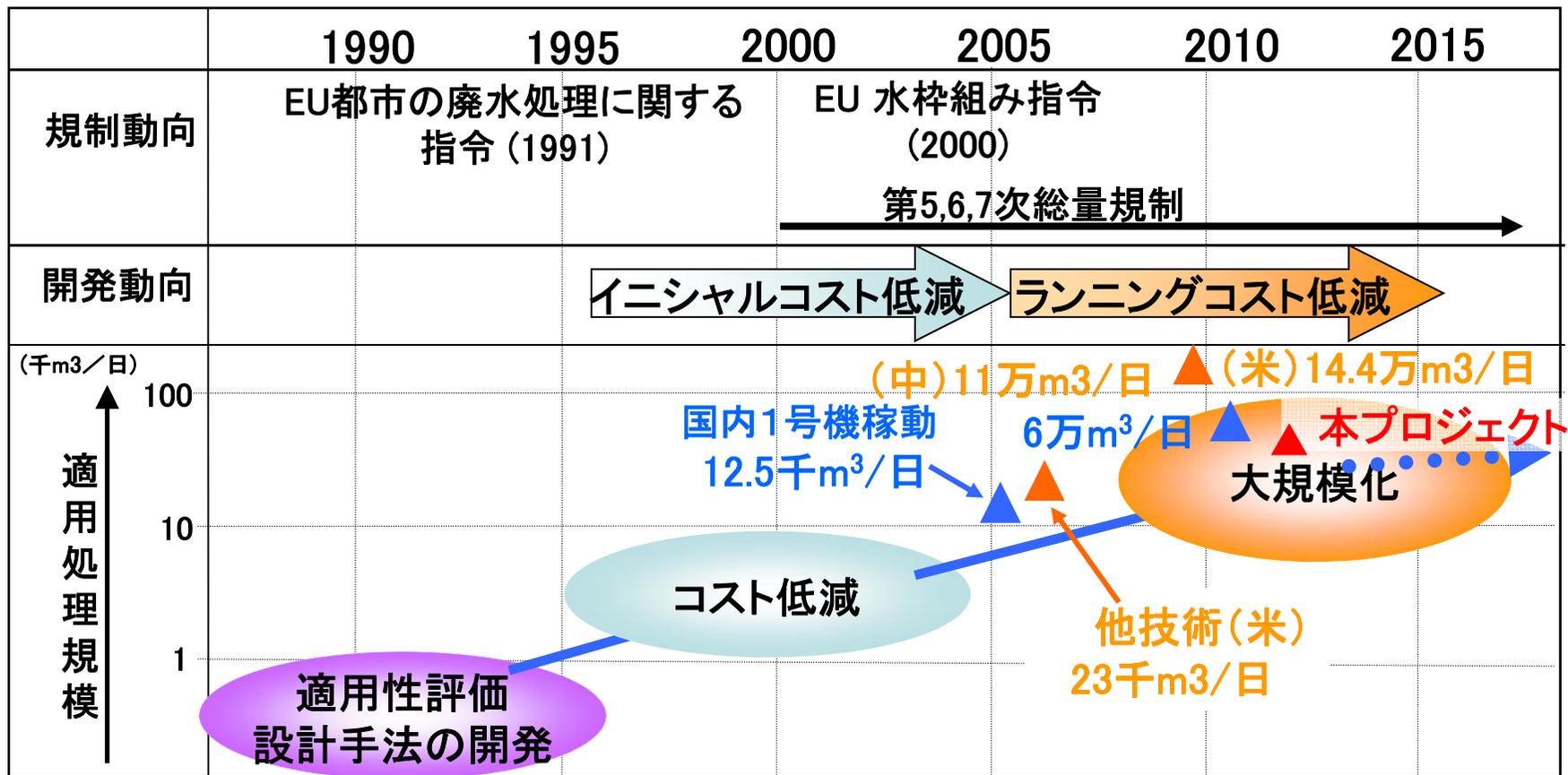
開発項目		適用対象	省エネ効果 (原油換算)	適用事業規模 (メーカーヒアリング)
革新的膜分離 技術の開発	RO膜/モジュール NF膜/モジュール 性能評価手法	浄水施設、工業用 水の再生、海水淡 水化、ビルの排水・ 中水処理	15万kL/年	200億円
省エネ型膜分 離活性汚泥法 技術の開発	膜ユニット MBRシステム	工場排水(有機系) 処理／生活排水処 理	30万kL/年	100億円
有用金属・有 害物質の分 離・回収技術 の開発	有用金属回収 汚泥削減 有害物質除去	鉄鋼、非鉄金属等 工場汚泥処理	6万kL/年	230億円
高効率難分解 性物質分解技 術の開発	1,4-ジオキサンの物 理化学的分解除去	石油化学、表面処 理等難分解性化学 物質含有排水処理	20万kL/年	117億円
	微生物による窒素 除去	金属製品製造、表 面処理等窒素含有 排水処理	17万kL/年	220億円

※成功確率100%で計算

国内外の研究開発の動向 革新的膜分離技術



国内外の研究開発の動向 省エネ型膜分離活性汚泥法

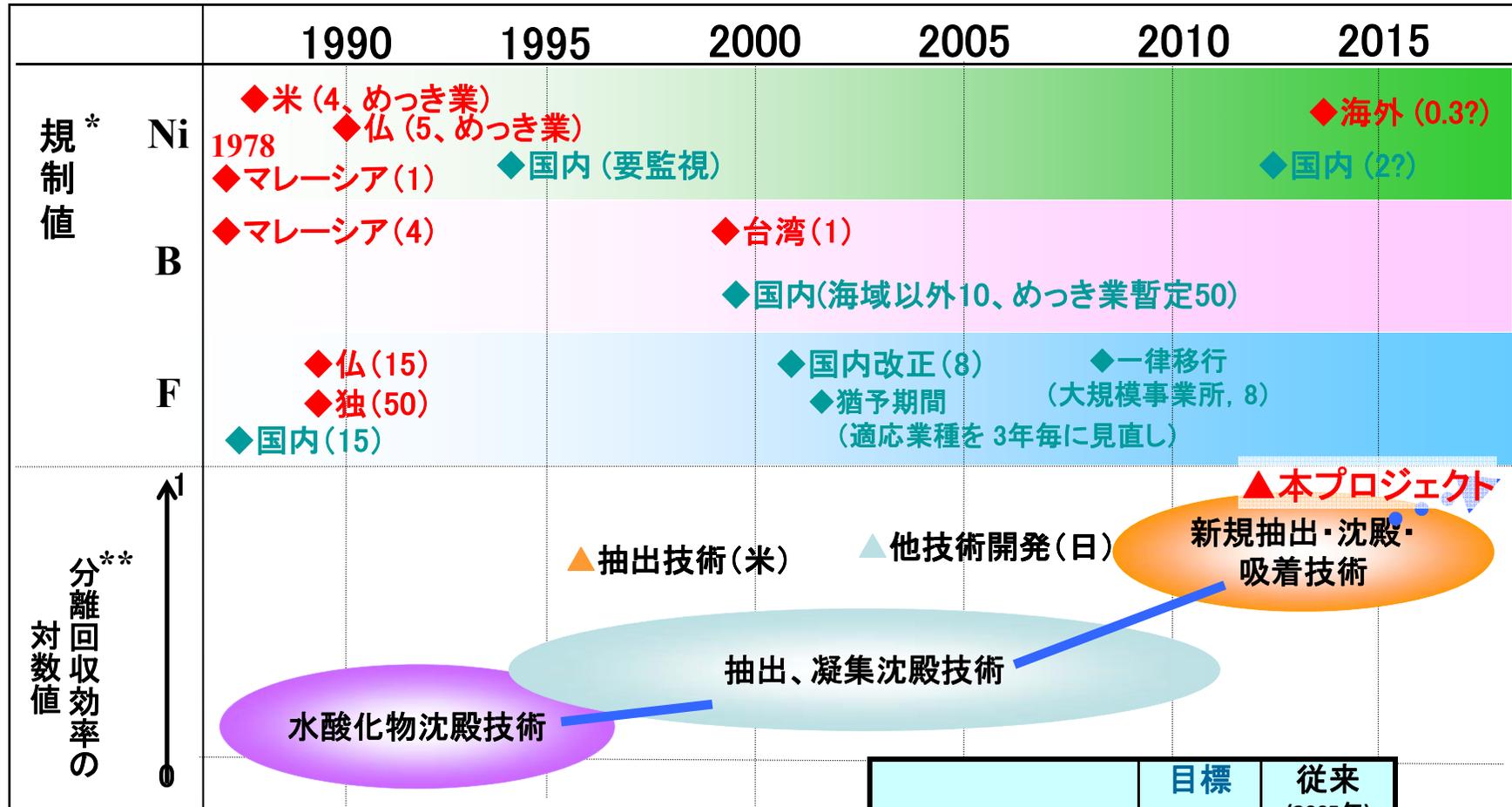


近年、適用案件の大規模化に対応するため、省エネ型のMBR開発が求められている。
 市場として欧米に加え、中国、中東など拡大、中国、韓国、シンガポールなどの新興国企業参入

1. 事業の位置付け・必要性について
 (2) 事業目的の妥当性

公開

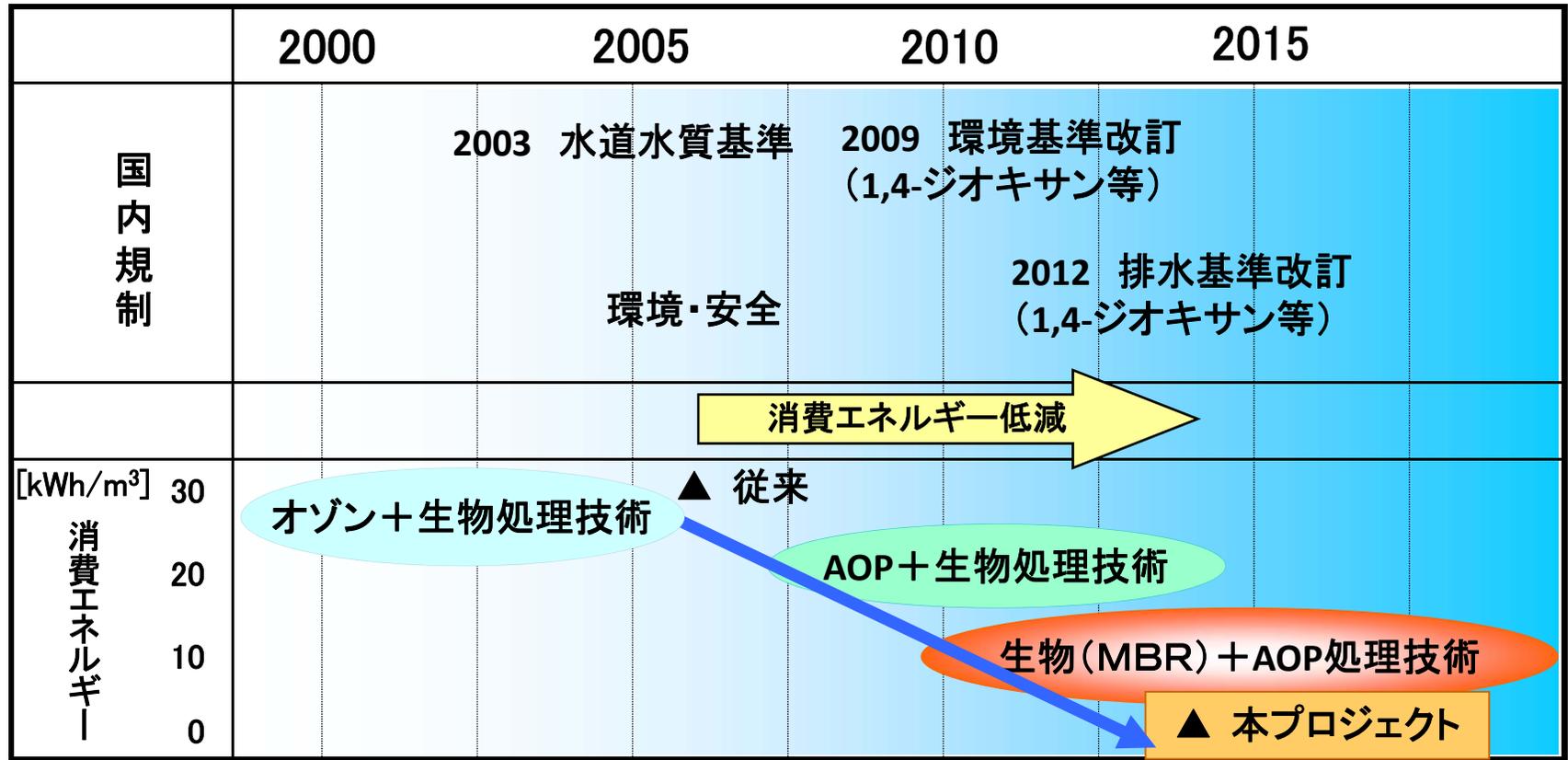
国内外の研究開発の動向
 有用金属・有害物質の分離・回収



*: 数字はmg/L,特に記載がないものは一般の排水規制値
 **: (残液中の濃度 × 汚泥体積)⁻¹の相対値(1990年比)で定義
 効果的で安価な処理方式がなく、沈殿させ、産廃処理

	目標	従来 (2005年)
相対残液濃度	0.3	0.7
相対汚泥体積	0.35	0.7
分離回収効率 (対数値)	0.98	0.31

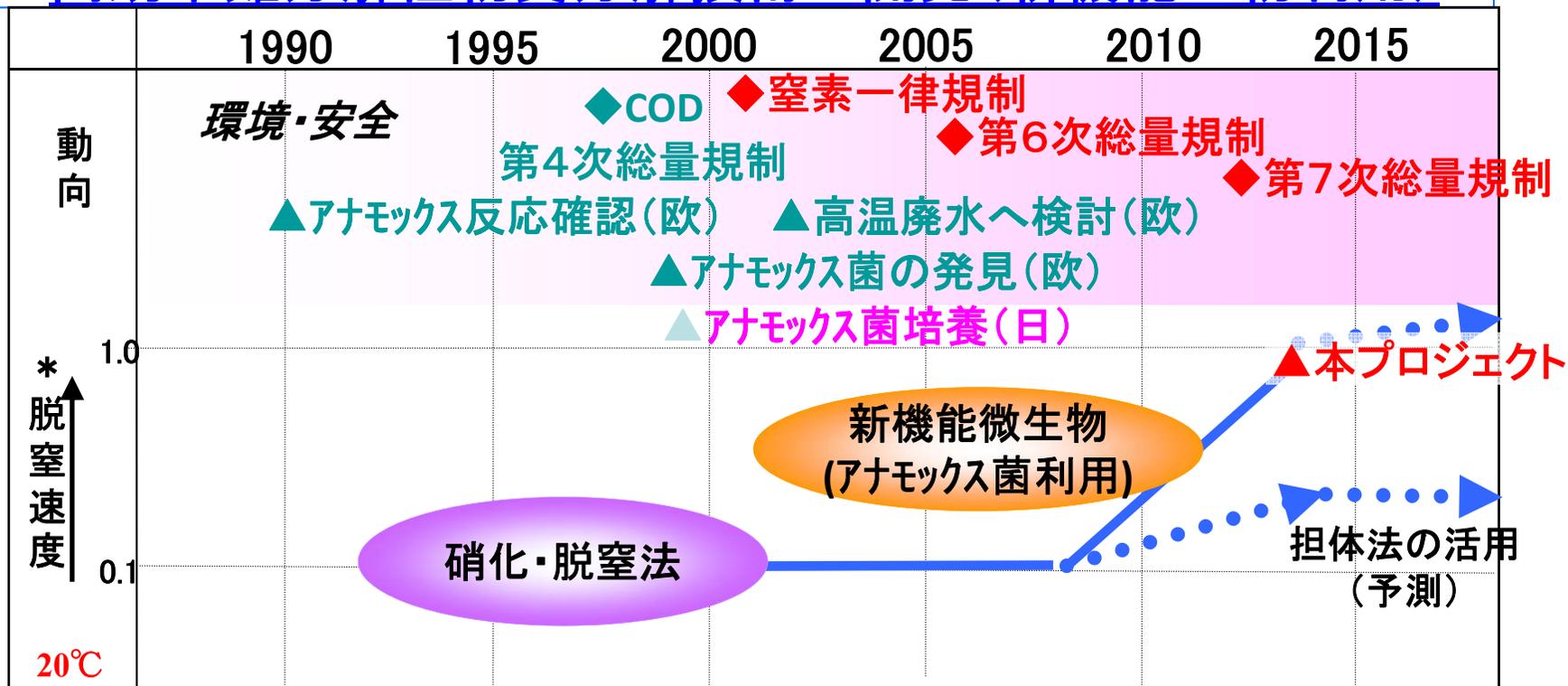
国内外の研究開発の動向
高効率難分解性物質分解技術の開発(難分解性化学物質分解)



	従来※	最終目標
消費エネルギー [kWh/m3]	33.2	3.3

※オゾン+生物処理を適用した場合の試算

国内外の研究開発の動向 高効率難分解性物質分解技術の開発(新機能生物利用)



* 反応槽1m³、1日あたりの窒素除去量(kg-N/m³/d)

(水温20°C)

より適用範囲の広い新機能生物利用技術の開発

	目標	従来法 (標準活性汚泥法)
脱窒速度 (kg-N/m ³ /d)	1.0 (処理速度10倍)	0.1
酸素量 (kg-O ₂ /kg-N)	2.3 (曝気酸素量50%)	4.6

ペガサス法標準設計(2003)全国上下水道コンサルタント協会p.19

2. 研究開発マネジメントについて
 (1) 研究開発目標の妥当性

公開

研究開発目標と根拠

研究開発項目	研究開発目標	根拠
革新的膜分離技術の開発	プロセス全体として消費エネルギーを 50%以上 削減。さらに分離膜の細孔計測技術の開発及び標準化に向けた性能評価手法の開発	2030年における膜需要とエネルギー消費量予測から、RO膜およびNF膜開発においては、従来法に比べ、適用する反応系の流入から流出までのプロセス全体としてのエネルギー削減が求められる。
省エネ型膜分離活性汚泥法(MBR)技術の開発	膜洗浄の曝気エネルギー等も含むMBRプロセス全体の消費エネルギーを 30%以上 削減	MBRの問題点は消費エネルギー。国内A下水処理場の運転実績ではMBRの消費エネルギーは0.87kWh/m ³ であり、これを0.50kWh/m ³ (30%以上削減)にすることで、国内外の下水処理場へのMBR導入を促進する。
有用金属・有害物質の分離・回収技術の開発	汚泥の削減により汚泥処理・処分エネルギーをプロセス全体として 80%以上 削減	有用金属含有汚泥はほとんど捨てられている。有用金属の回収率向上及び有害物質については、分離に伴う発生汚泥の再利用向上により、汚泥量を80%以上削減し汚泥処分エネルギーを80%以上削減する。
高効率難分解性物質分解技術の開発	排水に含まれる難分解性化学物質の分解に要するエネルギーをプロセス全体として 90%以上* 削減	1,4-ジオキサンを含有する工場排水のオゾン+生物処理の消費エネルギー試算値は32.5kWh/m ³ と高い。これを90%以上削減できると、省エネかつ環境負荷低減に貢献できるシステムとなり、普及が期待される。
	排水に含まれる窒素除去に要するエネルギーをプロセス全体として 50%以上 削減	従来法による窒素処理に必要な酸素量は4.6kg-O ₂ /kg-Nである。これを2.0kg-O ₂ /kg-Nに削減し、プロセス全体のエネルギーを50%以上削減できると、省エネかつ環境負荷低減に貢献できるシステムとなり、普及が期待される。

2. 研究開発マネジメントについて
 (2) 研究開発計画の妥当性

公開

研究開発のスケジュール

研究開発項目	[2008]	2009	2010	2011	2012	最終目標値
RO膜の開発 (東レ)	膜性能向上 安定性向上 スケールアップ	膜形成技術確立 薄膜化・孔径制御 耐薬品性	中間目標試作	長期安定性 小型エレメント試作	最終目標試作 実証運転	従来法に比べ、処理性能を維持・向上しつつ、膜透過加圧エネルギーなどをプロセス全体として50%以上削減する。
NF膜の開発 (日東電工)	製膜技術開発 スパイラルモジュール設計製作評価 長期運転実証	膜形成技術確立 設計製作 現行膜評価	中間目標試作	量産化技術 評価・最適化 開発膜評価	最終目標試作	従来法に比べ、処理性能を維持・向上しつつ、膜透過加圧エネルギーなどをプロセス全体として50%以上削減する。
分離膜の細孔計測技術の開発と、標準化に向けた膜評価手法の開発 (産総研・熊本県)	細孔計測技術開発 細孔計測と分離特性の相関 分離膜評価手法	高信頼性計測技術 ~1.0nm校正技術基準 現行膜評価 RO膜の評価物質選定	中間目標検証	~10nm陽電子消滅法の適用 細孔計測値と分離特性の相関 性能評価指針	最終目標検証	陽電子寿命消滅測定法を用いてRO膜及びNF膜の有する細孔を計測する技術を確立する。標準化に向けたRO膜やNF膜の性能評価手法を開発する。

注) 2008年度は経済産業省直執行。



2. 研究開発マネジメントについて
 (2) 研究開発計画の妥当性

公開

研究開発のスケジュール

研究開発項目		2009	2010	2011	2012	2013	最終目標値
省エネ型膜分離活性汚泥法(MBR)技術の開発	担体添加型 MBR システムの開発	担体添加開発 要素検討	ベンチ装置試作 耐摩耗性向上	中間評価	生産技術確立 実証試験		膜洗浄の曝気エネルギー等をプロセス全体として 30%以上削減 する。
	高性能膜ユニット開発	膜シート/散気方法 新膜ユニット	効率化		実証試験		
省エネ型 MBR 技術の開発	システム開発				実証試験		
有用金属・有害物質の分離・回収技術の開発		抽出(Zn,Ni)	抽出剤、抽出装置開発	中間評価	実証試験		汚泥の削減により 汚泥処理・処分エネルギー をプロセス全体として 80%以上削減 する。
		沈殿	COD成分分解除去/ 有用金属回収技術確立		実証試験		
		吸着	ほう素吸着剤開発 フッ素吸着剤開発		量産化技術開発 装置化・実用化技術開発		



2. 研究開発マネジメントについて
 (2) 研究開発計画の妥当性

公開

研究開発のスケジュール

研究開発項目		2009	2010	2011	2012	2013	最終目標値
高効率 難分解 性物質 分解技 術の開 発	難分解 性化学 物質分 解技術 の開発	生物処理 開発	効果検証・ 菌同定・維持方法確立	中間 評価	実証試験	実証試験	排水に含まれる 難分解 性化学物質の分解に要 するエネルギー をプロセ ス全体として 約90%以上 削減 する。
	促進酸化 開発	効果検証・ 最適化	パイロット試験装置検証				
高効率 難分解 性物質 分解技 術の開 発	新機能 生物利 用	新機能生物	菌培養・維持・固 定化	中間 評価	実証試験	実証試験	排水に含まれる 窒素除 去に要するエネルギー を プロセス全体として 50% 以上削減 する。
	プロセス制御	亜硝酸型硝 化安定化	低水温での 検証				

基本技術開発

実証確認

2. 研究開発マネジメントについて
 (2) 研究開発計画の妥当性

公開

開発予算

(単位:百万円)

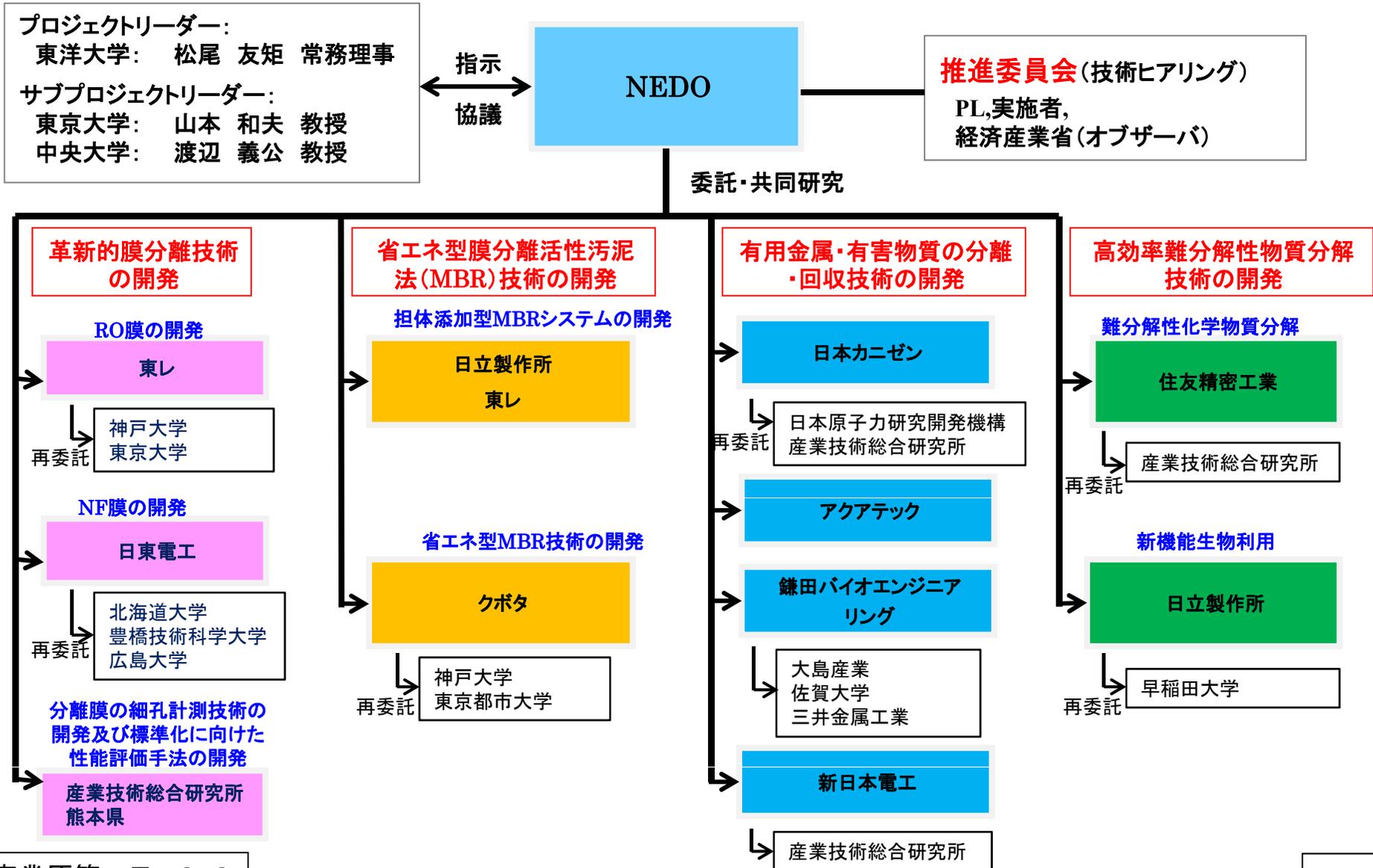
		2009	2010	2011	2012 _{注2)}	2013 _{注2)}
(1)	革新的膜分離技術の開発	150	202	116 注2)	199	
(2)	担体添加型MBRシステム	36	141	95	59	
	省エネ型MBR技術	43	107	80	19	21
(3)	有用金属・有害物質の分離・回収技術の開発	70	107	115	66	61
(4)	難分解性化学物質分解	38	54	38	15	15
	新機能生物利用	38	89	87	42	32
合 計		375	700	531	400	129

注: 1) 革新的膜分離技術開発は
 2008年度は経済産業省直執行。
 2) 上記以外に自己負担有り(負担率33%)。

2. 研究開発マネジメントについて
 (3) 研究開発実施の事業体制の妥当性

公開

研究開発の実施体制(事業終了時点)



研究開発の運営管理

技術ヒアリング(年2回)開催

- ① 全体認識の統一とプロジェクトの方向性の指導
 - ② 個々のテーマの事業の方向性指導、進捗確認
 - ③ 成果の確認とその進捗状況に応じた開発加速・減速方針指導
- 問題のあるテーマは追加ヒアリングも実施

その他、以下の報告・委員会などを実施

- (1) 定期進捗報告
 - (2) 個別テーマ定例打ち合わせ
 - (3) 外部専門家による委員会
 - (4) 成果普及活動として以下展示会への出展
 - ・InterAqua 2010,2011,2012,2013,2014
 - ・IWS2013
 - ・SIWW2012
- 雑誌(Innovation Courier,土木技術)等への投稿

知財マネジメント

本事業では、委託先が保有する基本技術をベースに、それを実用化に結びつける技術開発を行っており、**基本技術や方式**については本事業開始以前に**委託先で特許出願を実施済み**である。

このため、本事業においては応用技術や、組み合わせ技術に係る発明が中心となっている。5年余の事業推進により各種知見が集まってきており、事業期間に**58件の特許出願**が成された。出願を注力してきた技術領域は以下の通りである。

研究開発項目	出願を注力してきた技術領域	件数
革新的膜分離技術の開発	複合膜およびその製造方法に係る技術等	21
省エネ型膜分離活性汚泥法(MBR)技術の開発	MBR用膜、MBRに係る周辺技術・組み合わせ技術等	19
有用金属・有害物質の分離・回収技術の開発	剤の製造方法、装置構成に係る技術等	10
高効率難分解性物質分解技術の開発	生物処理と物理化学処理との組み合わせ技術、適用分野拡大のための改良技術等	8

加速予算に係る追加投入実績（2010年度）
（担体添加型MBRシステムの開発）

件名	金額	目的	成果
省エネ型 MBRパ イロ ット シ ス テ ム	41 百万円	開発の加速 （小型膜ろ過試験により 膜面洗浄散気量の削減、 膜ろ過速度の向上効果を 確認できたため、当初2011 年度実施予定であったパ イロ ット シ ス テ ム の 設 計 製 作 を 前 倒 し、 試 験 実 施	<u>パイロットシステ ムの設計・製作を 完了した。</u> （フィー ルド設置・運転に ついては2011年 度から実施。）



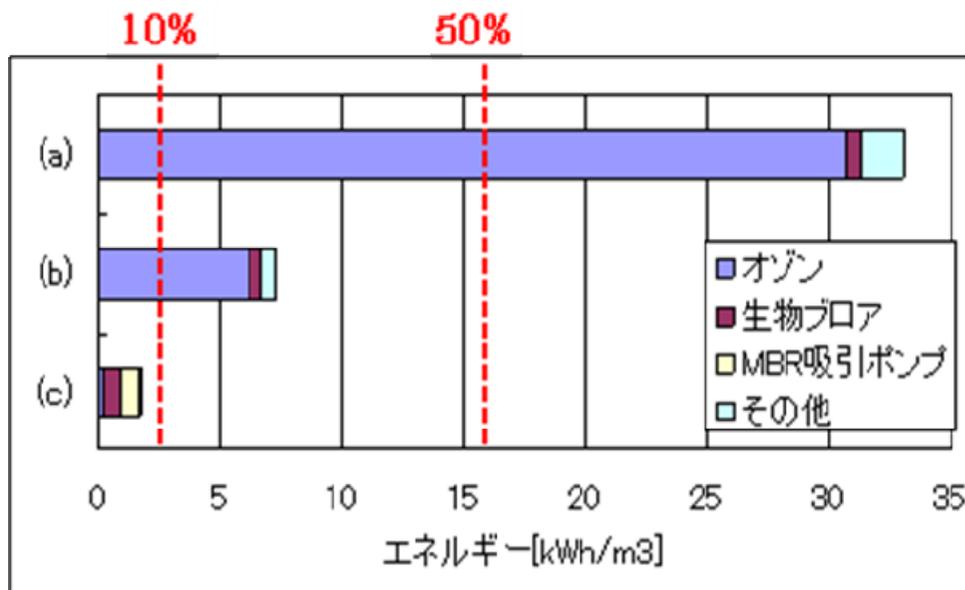
パイロットシステムの外観

⇒事業終了時期を、2013年度末から1年前倒しして
2012年度に実証終了

当初想定していた日南市伊師浄化センターが震災で罹災
したため、実証事業を実施中の北九州市のWater
Plazaに場所を変更して実証実験を実施した

難分解性化学物質分解の数値目標修正 (2010年度)

エネルギー削減の目標設定を、従来方式の50%削減から、90%以上削減に変更



試算対象モデル

	1,4-ジオキサン [mg/L]	水量 [m ³ /d]	COD, BOD [mg/L]
対象水	300	200	200
処理水	0.5未満		20以下

- (a) 従来式 オゾン＋生物処理
- (b) 当初計画方式 AOP＋生物処理※
 ※後処理（易分解性化学物質分解）
- (c) 新提案方式 MBR（ジオキサン分解菌）＋AOP処理

中間評価結果への対応

【中間評価結果】

—総合評価抜粋—

中間目標を大部分のテーマでほぼ達成しており、プロジェクトとして順調に進んでいる。また、最終目標の達成の可能性も示されていると判断される。

今後、国際的競争下での技術開発であることをより認識し、**重点化・加速すべき研究開発課題の抽出および目標設定の精査**を行い、**実用化に向けて尽力**されることを期待する。



選択と集中及び実用化・事業化を考慮した体制変更を実施

中間評価前

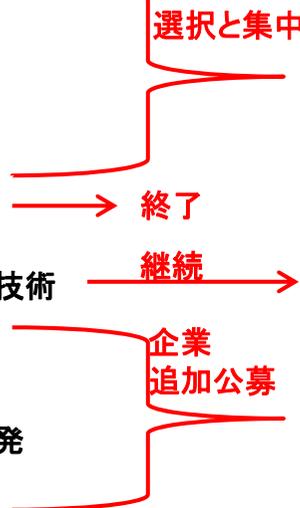
有用金属・有害物質の分離・回収技術

- (1) 含浸抽出法によるめっき液長寿命化技術
委託先: 日本カニゼン
- (2) 新抽出装置による金属回収技術
委託先: 日本原研
- (3) 亜鉛及びニッケルの抽出分離回収
委託先: 産総研
- (4) COD成分の分解と促進酸化物沈殿複合処理
委託先: 産総研
- (5) 硫化物沈殿法を用いた汚泥削減・金属回収除去技術
委託先: アクアテック
- (6) 新規ほう素吸着プロセスの開発
委託先: 産総研
- (7) ミカン搾汁残渣を用いたフッ素除去プロセスの開発
委託先: 佐賀大

中間評価後

有用金属・有害物質の分離・回収技術

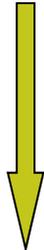
- (1) 新抽出装置による金属回収技術
委託先: 日本カニゼン
(再委託: 日本原研、産総研)
- (2) 硫化物沈殿法を用いた汚泥削減・金属回収除去技術
委託先: アクアテック
- (3) 新規ほう素吸着プロセスの開発
委託先: 新日本電工(再委託: 産総研)
- (4) ミカン搾汁残渣を用いたフッ素除去プロセスの開発(*)
委託先: 鎌田バイオ(再委託: 佐賀大)



I. 事業の位置づけ・必要性



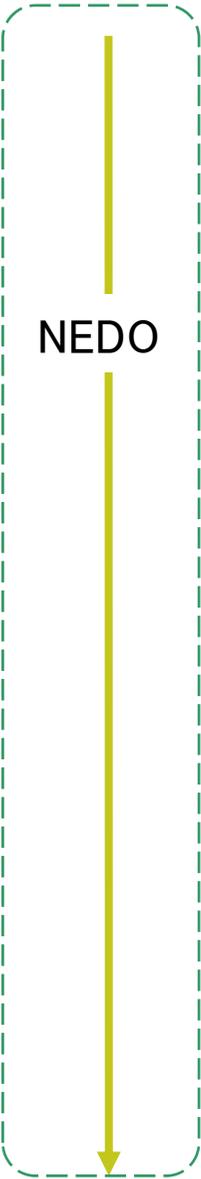
II. 研究開発マネジメント



III. 研究開発成果



IV. 実用化、事業化に向けての見通し及び取り組みについて



- ・社会的背景
- ・事業の目的
- ・イノベーションプログラムでの位置付け
- ・NEDOが関与する意義
- ・実施の効果

- ・事業の目標
- ・事業の計画内容
- ・研究開発の実施体制
- ・研究の運営管理
- ・情勢変化への対応

- ・開発目標と達成度
- ・検討内容

- ・実用化、事業化までのシナリオ
- ・波及効果

3. 研究開発成果について
 (1) 目標の達成度

公開

個別研究開発項目の目標と達成状況

		最終目標 (2012年度)	成果	達成度
革新的膜分離技術 の開発	RO膜	膜透過加圧エネルギー等をプロセス全体として 50%以上削減	<ul style="list-style-type: none"> ・新素材を用いた分離膜形成技術を確立 ・モジュール化技術を確立 ・前処理工程の簡略化と高透水性にもとづく試算運転エネルギーで消費エネルギーを50%以上削減 	○
	NF膜		外濾過支持膜へのポリアミドNF膜の製膜法改良より、 透過水量が従来の2倍以上 の膜を開発、実生産ラインでの製造とモジュール化を行い、 システムでの省エネ50% を確認	○
	細孔計測	分離膜の 細孔計測技術を開発	0.5nmから10nmのナノ細孔評価のための 校正技術基準を確立 するとともに、小型陽電子ビーム細孔測定装置及び膜評価用マニュアルを整備し、ユーザーのための RO/NF膜評価共同利用設備 を構築した。	○
		標準化に向けた 性能評価手法を開発	市販高分子系複合膜の細孔サイズ及び溶質分離性能の評価結果を比較することにより両者には相関があることを明らかにし、 陽電子消滅法による細孔構造が分離特性を制御している ことを世界で始めて実験的に示した。	○

◎当初計画以上の成果、○計画通り、△:一部未達、×:未達

3. 研究開発成果について
 (1) 目標の達成度

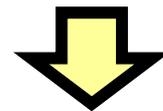
公開

個別研究開発項目の目標と達成状況

		最終目標 (2013年度)	成果	達成度	
省エネ型膜分離 活性汚泥法技術	担体添加型 MBRシステム の開発	膜洗浄の曝気エネルギー等も含むMBRプロセス全体の消費エネルギーを 30%以上削減	生物処理散気量65%、膜面洗浄散気量75%削減の達成等より、 システム全体で約53%削減 新規膜 生産技術 の確立	◎	
	省エネ型 MBR 技術の開発		実証試験装置における運転結果より下水処理場(処理規模4,200m ³ /d)における消費エネルギーを 43%削減 。	◎	
有用金属・有害物質 の分離・回収技術の 開発		汚泥処理に係る エネルギーを80%削減	めっき廃液や汚泥の再利用率向上、有用金属抽出率向上で汚泥処理に係るエネルギーを 80%削減 を達成※一例(他は個別説明)	抽出法	◎
				沈殿法	◎
				ほう素吸着	△
				フッ素吸着	◎
高効率難分解性 物質分解技術	難分解性化学 物質分解	難分解性化学物質分解に要する エネルギーを90%削減	従来のオゾン＋生物処理に比べ1,4-ジオキサン含有廃水処理の消費エネルギーを 90%以上削減 できた	◎	
	新機能生物利用	窒素除去に要する曝気エネルギー等使用 エネルギーを50%削減	窒素除去に係わるエネルギーをプロセス全体として 56%削減 1槽型の新窒素処理システムの有効性を実証	◎	

成果の概要【革新的膜分離技術の開発 RO膜】

- ①有機無機ハイブリッド膜で、従来膜(ポリアミド、酢酸セルロース)を大幅に上回る耐塩素性を達成
- ②生産プロセスへ適用可能な処方確立し、エレメントサイズの大面積化に成功
- ③従来のポリアミドRO膜のモジュール技術を適用してエレメントを試作し、予測通りの性能を発揮することを確認
- ④前処理工程の簡略化と高透水性にもとづく試算運転エネルギーで消費エネルギーを50%以上削減



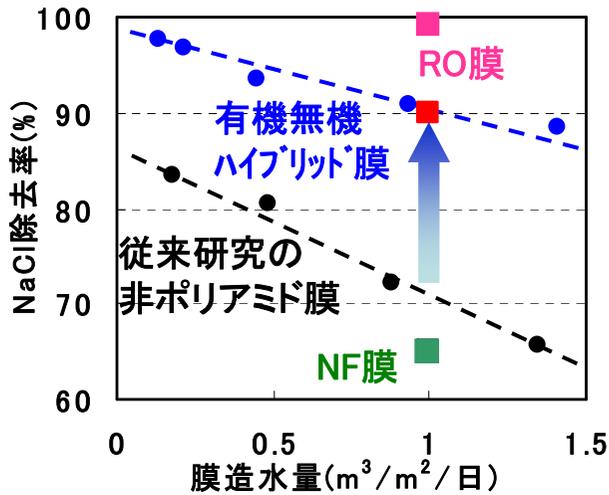
50%の省エネルギーを達成

3. 研究開発成果について

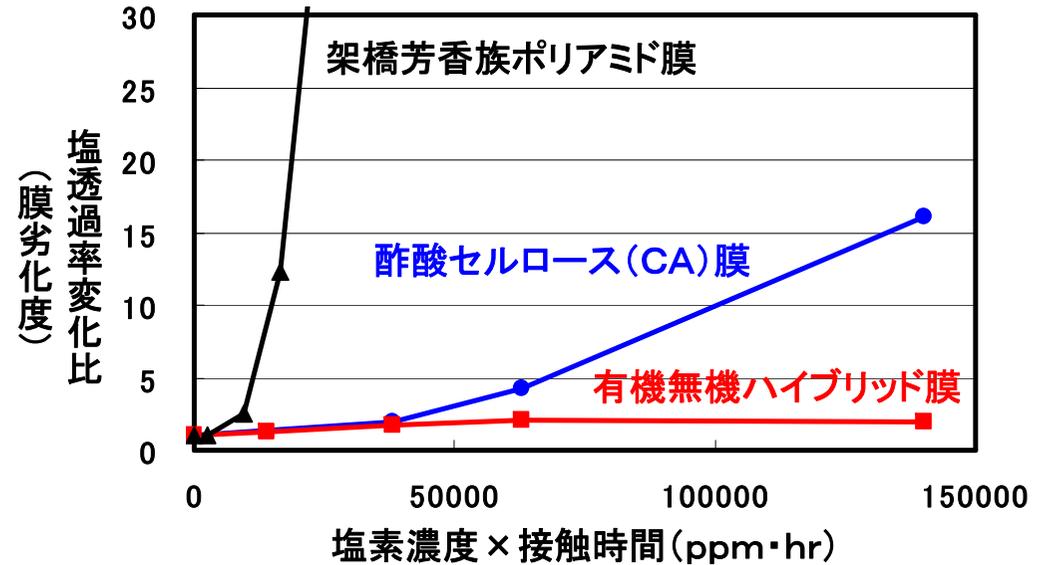
(2)成果の概要 : 革新的膜分離技術の開発/RO膜の開発 (東レ)

公開

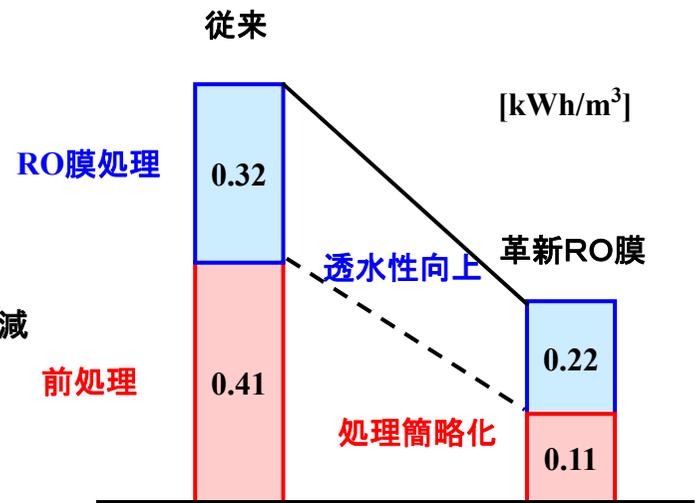
■有機無機ハイブリッド膜と従来膜との性能比較



■塩素劣化加速試験による膜性能(塩除去率)変化



■革新RO膜による省エネプロセス



成果の概要【革新的膜分離技術の開発 NF膜】

- ①NF膜スキン層の界面重合法改良を図り、生産機による
A4サイズの膜を試作。
- ②試作膜は平膜性能で高い阻止性能を保持したまま、現行
NF膜に比べて2倍を超える透過水量を有することを確認。
- ③新規試作エレメントでも現行NF膜に対して50%以上省エネ
となる性能を発現。

3. 研究開発成果について

(2)成果の概要 : 革新的膜分離技術の開発/NF膜の開発 (日東電工)

公開

弊社生産機にてSWエレメントを作製し,
SWエレメントでの性能評価を実施



●MgSO₄水溶液による阻止性能

Table Evaluation result of innovative NF element

Element No.	Purpose of measurement	Pressure MPa	Feed L/min	Solute	Rej. %	Flux m3/d	現行NFからの低減効果
現行NF NTR729HF	MgSO ₄ 阻止性能	1.0	8	MgSO ₄	99.0	2.0	
KMD10-S2	MgSO ₄ 阻止性能 圧力依存性	0.8	8	MgSO ₄	99.9	2.0	▲20%
		1.0				2.5	
KMD22-S2	MgSO ₄ 阻止性能 圧力依存性	0.5	8	MgSO ₄	99.7	2.1	>▲50%
		1.0				4.3	
KMD30-S2	MgSO ₄ 阻止性能 圧力依存性	1.0	8	MgSO ₄	97.0	6.8	>▲70%

モジュールの量産化検討中

成果の概要【革新的膜分離技術の開発 細孔計測】

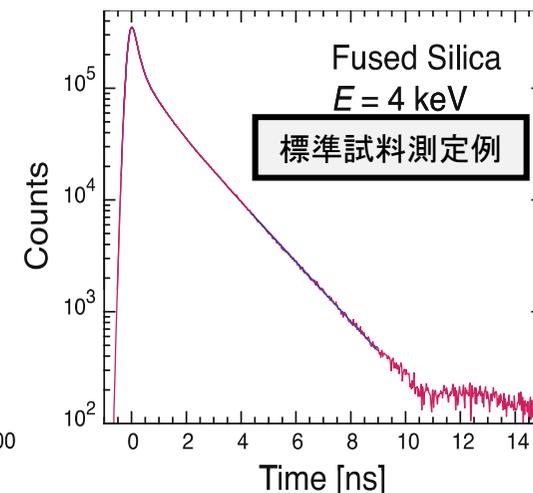
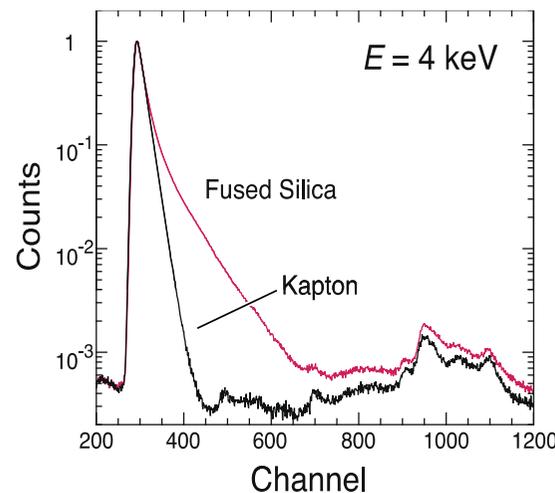
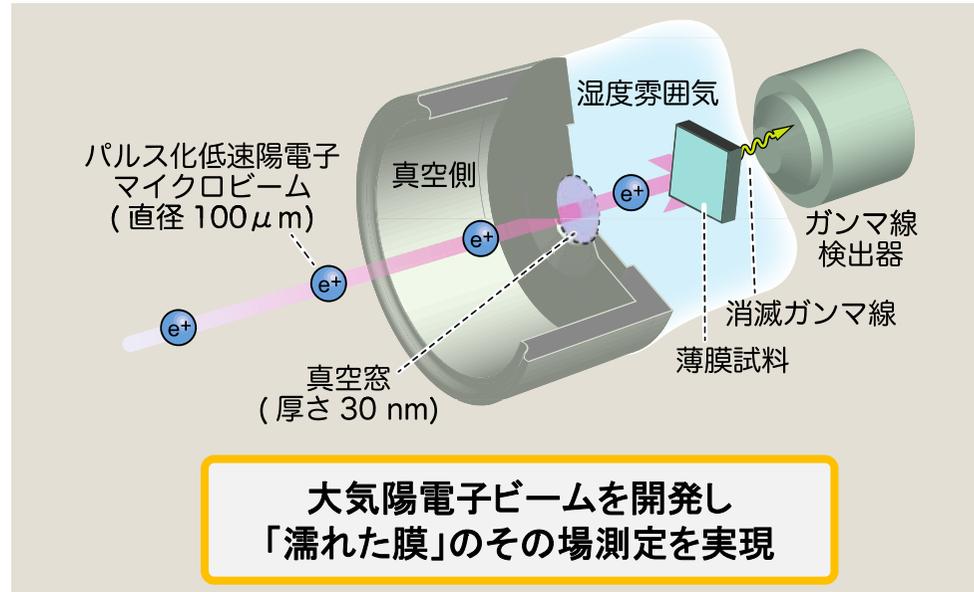
- ① 0.5nmから10nmのナノ細孔評価のための校正技術
基準を確立するとともに、小型陽電子ビーム細孔測定
装置及び膜評価用マニュアルを整備し、ユーザーの
ためのRO／NF膜評価共同利用設備を構築した。
- ②湿度と温度が制御された実用環境下での分離膜測定
技術を開発し、信頼性の高い細孔評価方法を確立した。

3. 研究開発成果について

(2)成果の概要 : 革新的膜分離技術の開発／細孔計測・性能評価手法 (産業技術総合研究所、熊本県産業技術センター)

公開

大気測定システムの概略



成果の概要【担体添加型MBRシステムの開発】

① ろ過条件の確立と散気動力低減

・膜面洗浄散気量

- … 従来型(担体無添加)に対し、担体添加、下記散気管構造の最適化、間欠散気制御により**4分の1に削減**

この他、生物処理散気量65%削減等により、システム全体で**約53%削減**

② 膜モジュール構造最適化

・CFD※による流動メカニズム解析、膜モジュール最適化検討

- … 装置や運転のデザインに関するモデル式の構築

・散気構造と方法の最適化等により(担体添加無しで)膜面洗浄散気量**30%減**

③ 高耐久性PVDF平膜の開発

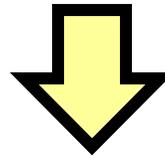
・従来膜以上の**耐久性と汚泥ろ過性**を有する膜を作製

・**1.0m³/m²/d**以上の運転が可能と推定

※CFD : Computational Fluid Dynamics

CFDにより流動メカニズムの解析や装置設計が可能に

気液二相流、並びに固気液三相流解析を用いて
膜間流路内や反応槽内の流動状態を解析



膜表面上せん断応力が一様に分布

担体添加により
せん断応力が均一化されることが確認

その他、本CFDによる検討を通じ、
装置や運転のデザインに関するモデル式が得られた

※CFD : Computational Fluid Dynamics

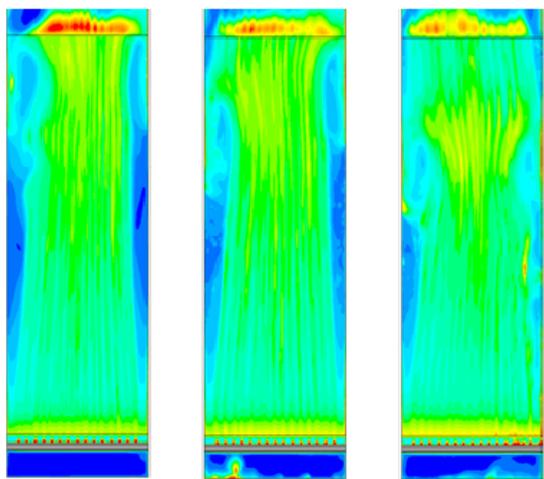
3. 研究開発成果について

(2)成果の概要 : 省エネ型膜分離活性汚泥法技術の開発／担体添加型MBRシステムの開発 (日立製作所・東レ)

公開

膜表面上の速度勾配分布(*)

担体0% 担体10% 担体20%



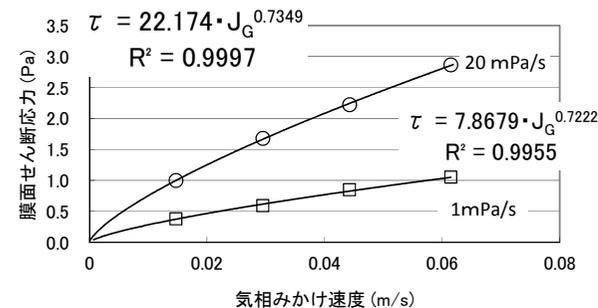
担体添加で平滑化

(*)速度勾配Gの定義: $G = \sqrt{\frac{\varepsilon}{\nu}} = \sqrt{\frac{\varepsilon}{\nu_t}} = \sqrt{C_\mu^{-1} \frac{\varepsilon^2}{k^2}}$

ε : 乱流エネルギー散逸率 [m²/s³]

ν : (乱流)粘性係数 [m²/s]

装置や運転をデザインするモデル式



CFDの解析を通じて得られた設計・運転パラメータに関する設計モデル式

◇せん断応力 $\tau = \tau(J_G, \mu) = k_1 \cdot J_G^{k_2}$ $k_1 = 7.87 \cdot \mu^{0.3457}$ $k_2 = 0.72 \cdot \mu^{0.0046}$	◇混相流速 $U_F = U_F(J_G, \mu) = k_3 \cdot J_G^{k_4}$ $k_3 = 1.4 \cdot \mu^{-0.123}$ $k_4 = 0.49 \cdot \mu^{0.109}$
◇ボイド率 $\beta = \beta(J_G, \mu) = k_5 \cdot J_G^{k_6}$ $k_5 = 0.51 \cdot \mu^{0.049}$ $k_6 = 0.45 \cdot \mu^{-0.196}$	◇せん断応力のボイド率表現モデル $\tau = 7.87 \cdot \mu^{0.3457} \cdot \left(\frac{\beta}{0.51 \cdot \mu^{0.049}} \right)^{1.76 \mu^{0.2006}}$

CFD計算結果を装置や運転の設計に反映

成果の概要【省エネ型MBR技術の開発】

① 福崎実証試験装置

- ・2012年3月、福崎浄化センター内に400, 150m³/d×2系列のMBRを設置、
新型膜ユニットを用いた省エネ実証運転を実施。

② 実証試験結果

- ・新型膜ユニットによる安定運転を確認。
(運転フラックス0.8m/d、膜洗浄空気量 従来比42-49%減)
- ・付帯機器の省略・高効率化を確認。
(サイフォンろ過、エアリフト汚泥循環)

③ 消費エネルギー試算結果

- ・下水処理場新設(処理規模4,200m³/d)での消費エネルギー試算より
MBRシステムの消費エネルギーを従来比43%削減できることを確認。

3. 研究開発成果について

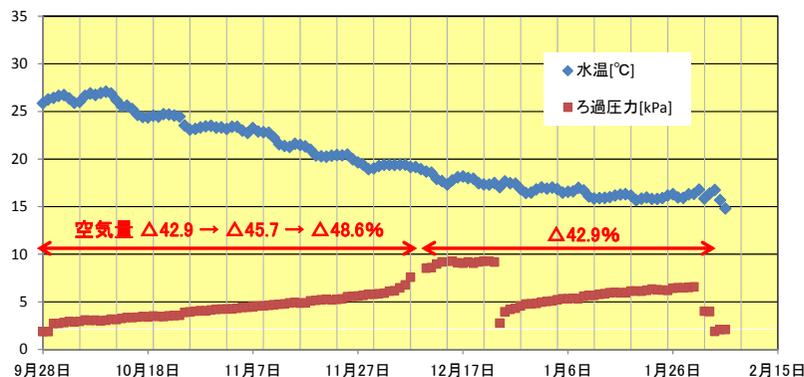
(2)成果の概要： 省エネ型膜分離活性汚泥法技術の開発／省エネ型MBR技術の開発（クボタ）

公開

福崎実証試験装置



- ・兵庫県福崎浄化センター内
- ・処理規模 400, 150m³/d × 2系列
- ・実販売サイズの新型膜ユニット使用
 - 1系: 膜面積 400m² 2系: 膜面積 240m²
- H24年 4月～ 稼働開始
- H24年10月～ 省エネ実証運転



新型膜ユニットの運転結果

実証試験結果

1) 新型膜ユニットの運転性能確認

長期安定運転を確認

- ・運転フラックス 0.8m/d
- ・膜洗浄空気量 従来比42-49%削減
- ・運転MLSS 11-14g/L

2) 付帯機器の省略・高効率化

① サイフォンろ過

従来のポンプろ過の替りに サイフォンろ過が適用可能

② エアリフト汚泥循環

ポンプ汚泥循環の替りにエアリフト汚泥循環が適用可能



サイフォンろ過

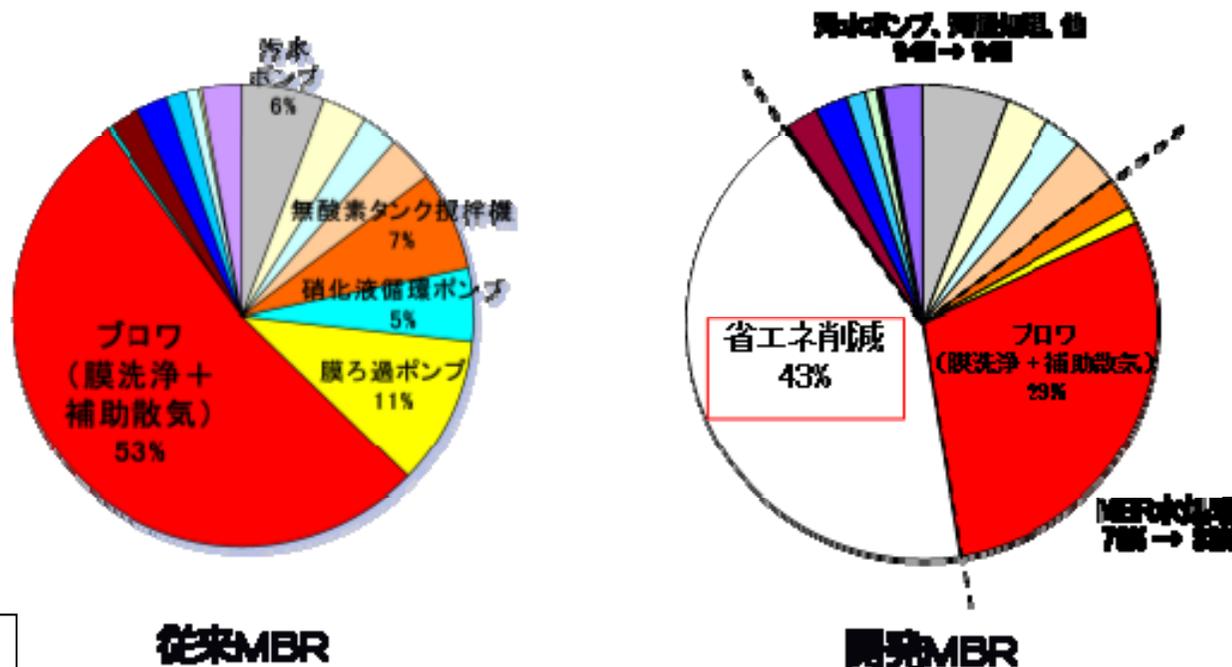
3. 研究開発成果について

(2)成果の概要 : 省エネ型膜分離活性汚泥法技術の開発/省エネ型MBR技術の開発 (クボタ)

公開

消費エネルギー試算結果

- 下水処理場新設(処理規模4,200m³/d)のケース
コンパクトな新型膜ユニット採用等によるブロワ消費エネルギーの削減
[0.46⇒0.256kwh/m³(従来比48.6%削減)]
サイフォンろ過、エアリフト汚泥循環等によるポンプ等消費エネルギーの削減
[0.20⇒0.03kwh/m³]
- MBRシステム全体の消費エネルギーを43%削減
[0.87⇒0.496kwh/m³]



成果の概要【有用金属・有害物質の分離・回収技術の開発】

① 新抽出装置(エマルションフロー法)による金属回収

- ・亜鉛除去率90%以上達成により、メッキ液の5倍の長寿命化を立証
- ・Ni抽出率約90%を達成。
- ・従来法(ミキサーセトラ法)と比べ設置床面積・溶媒使用量を70%以上低減。ランニングコストを28%削減
- ・以上により総合的に汚泥処理エネルギーを80%削減できた。

② 沈殿法による有用金属回収

- ・ガスセンサを用いた硫化物沈殿法にて、有用金属回収率80%以上達成。及び市場に流通できる硫化ニッケル汚泥の生成に成功
- ・電解析出法により純度99%以上のニッケル抽出技術を確立
- ・以上により総合的に汚泥処理エネルギーを80%削減できた。

④ ほう素吸着剤開発

- ・膨潤時、市販剤の1.9倍以上の吸着量を達成。実証試験に至らず

⑤ フッ素除去システム

- ・フッ素除去率90%以上を達成。従来法に比べ発生汚泥を80%以上低減する等を行い、汚泥処理エネルギーを80%削減できた。

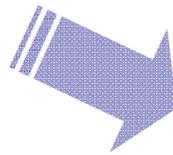
3. 研究開発成果について

(2)成果の概要 : 有用金属・有害物質の分離・回収技術の開発(日本カニゼン)

新抽出装置による金属回収

公開

世界初 日本カニゼン群馬工場 実ラインにて めっき廃液からのニッケルリサイクルを実用化



全自動エマルションフロー抽出装置を開発



ニッケル抽出率90%以上

攪拌エネルギー不要

★ 設置床面積71%削減

使用溶媒量74%削減

総合的に汚泥処理エネルギー80%削減

省エネ・省スペース実現による波及効果

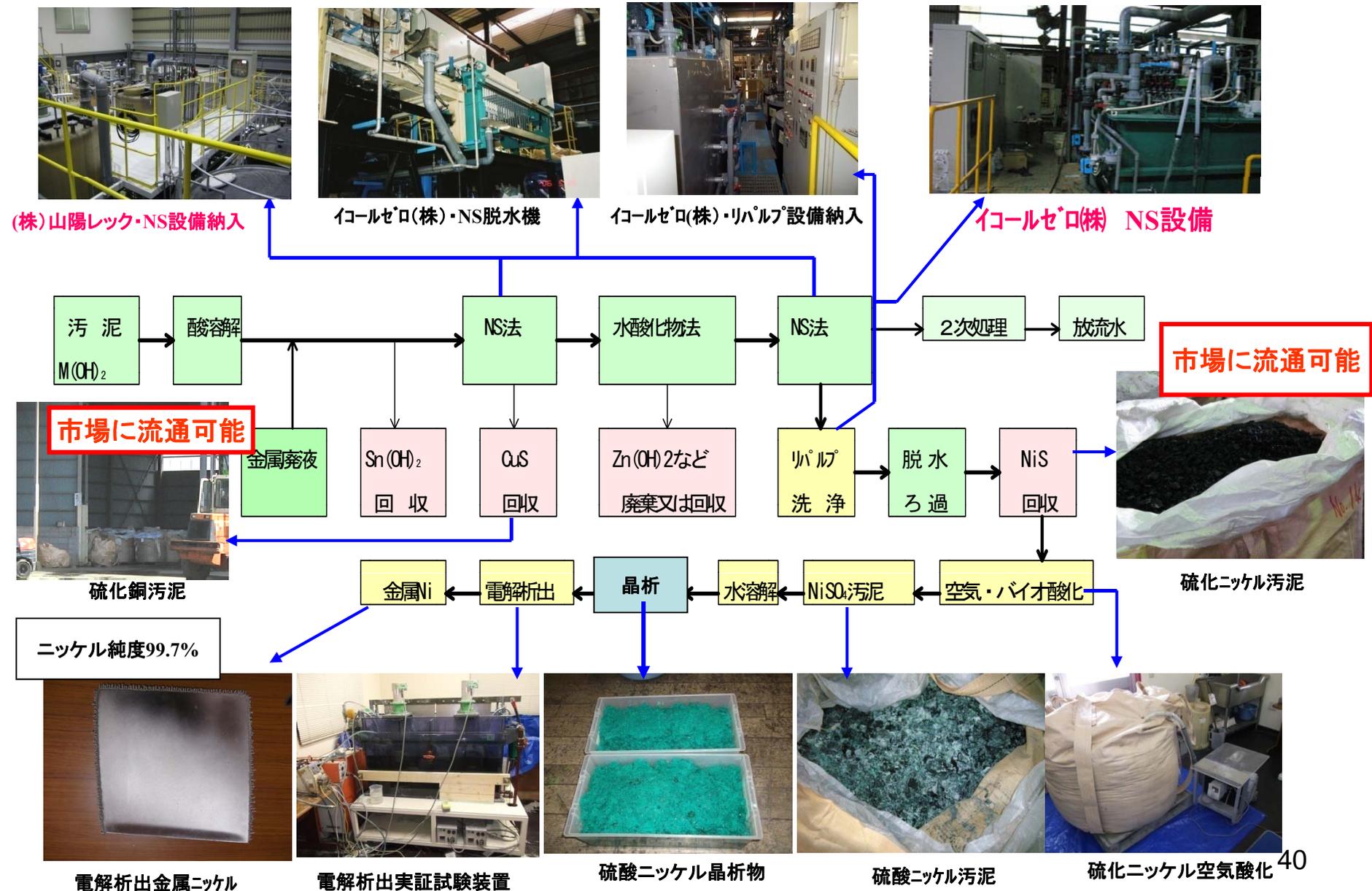
- 汚染廃液からのウラン除去
- 廃レンズからレアアースリサイクル
- ネオジム磁石からレアアース抽出

3. 研究開発成果について

(2)成果の概要 : 有用金属・有害物質の分離・回収技術の開発(アクアテック)

硫化物沈澱

公開

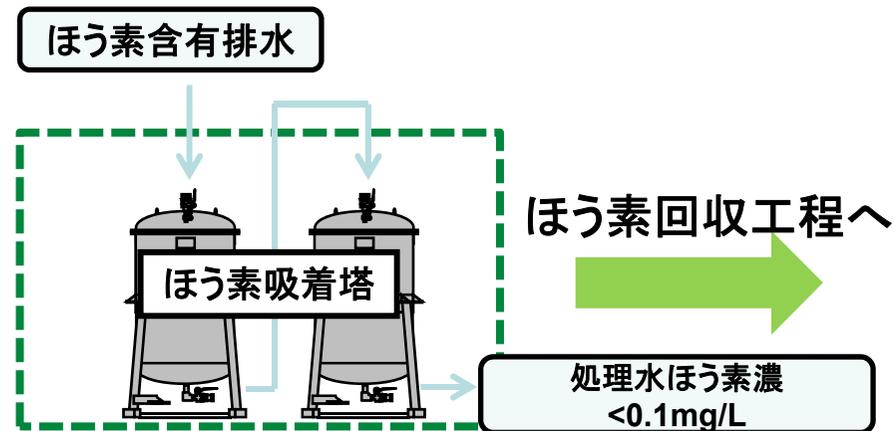


3. 研究開発成果について

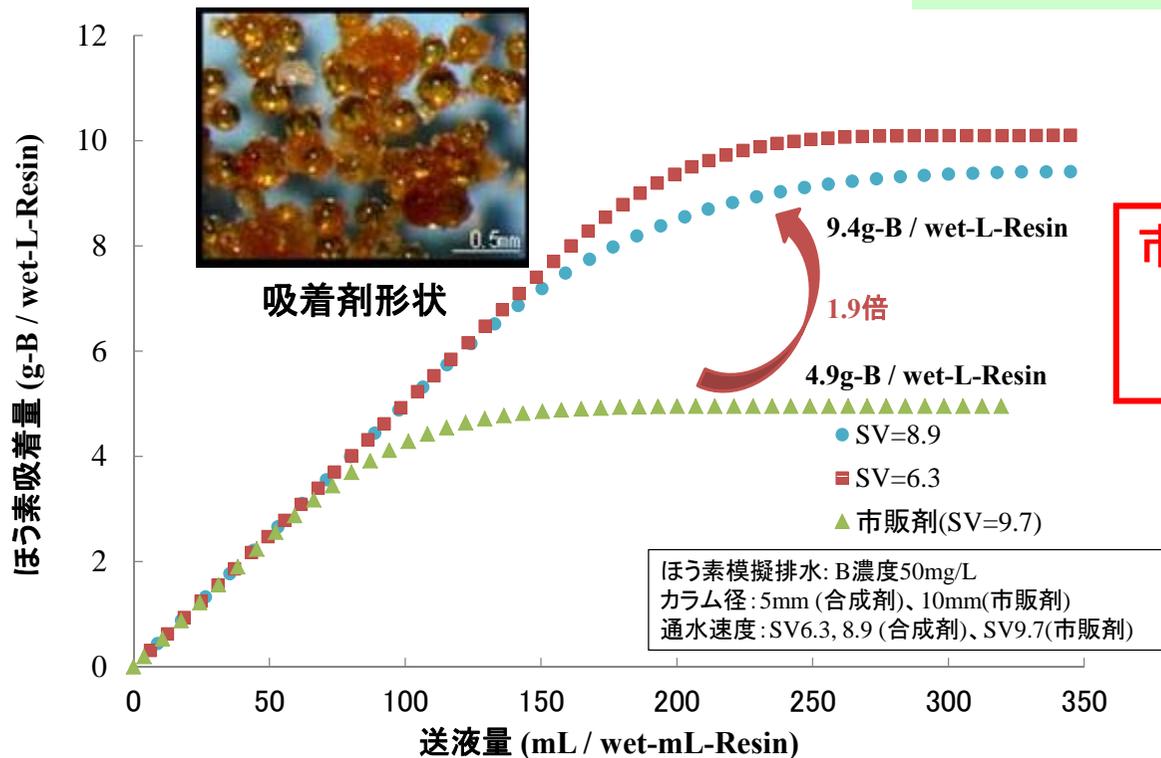
(2)成果の概要 : 有用金属・有害物質の分離・回収技術の開発(新日本電工)

ほう素吸着剤

公開



ほう素再利用
→



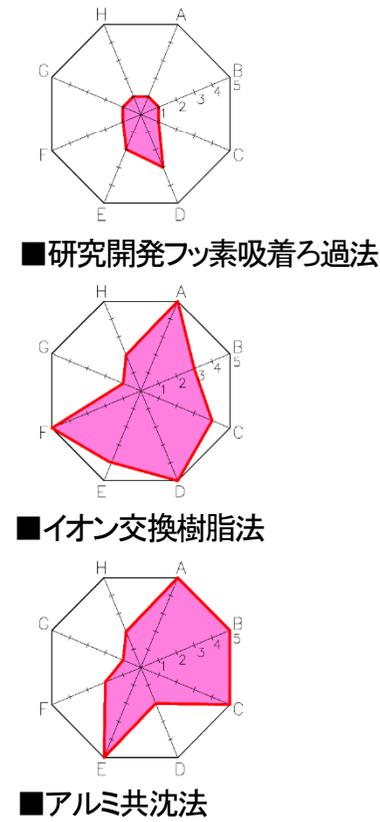
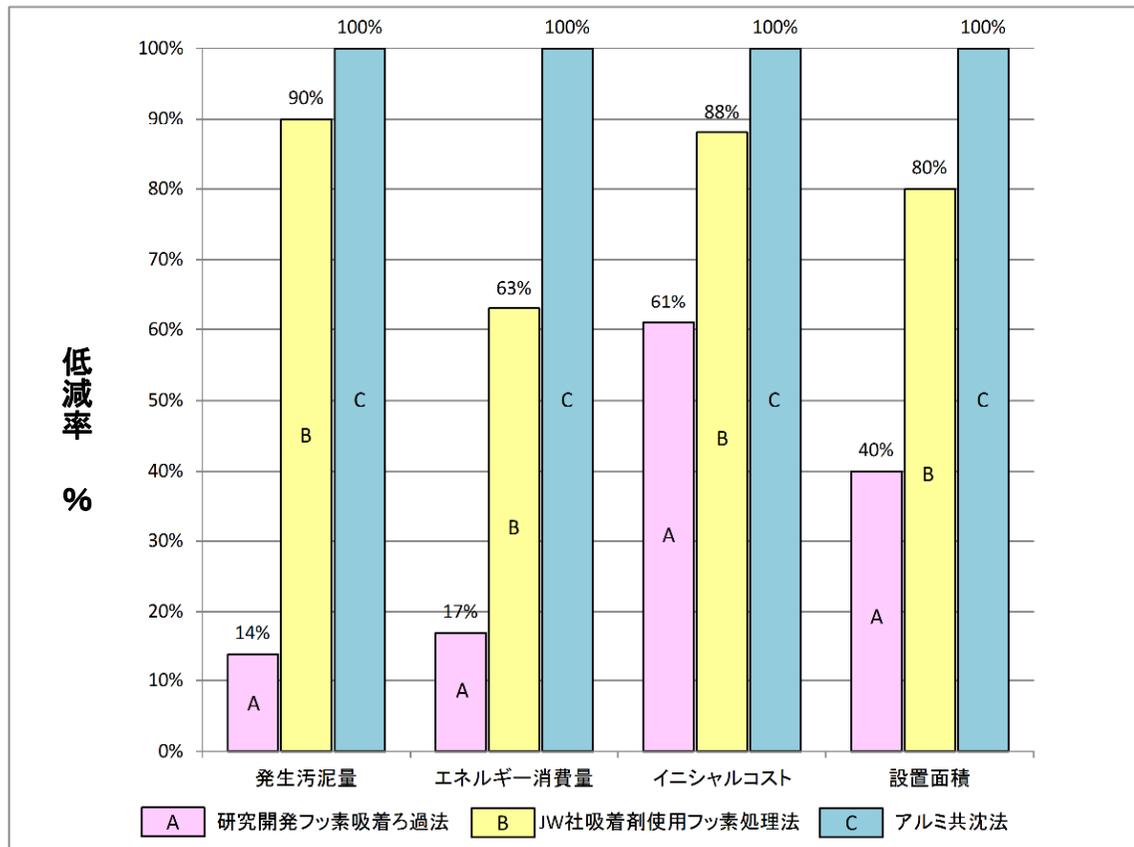
市販剤に比べて1.9倍の吸着量をもつ吸着剤を開発
 実用化検討を継続

3. 研究開発成果について

(2)成果の概要： 有用金属・有害物質の分離・回収技術の開発(鎌田バイオ・エンジニアリング) [フッ素除去システム](#)

公開

従来手法との汚泥発生量、エネルギー消費量、イニシャルコスト比較



比較項目
 A: 汚泥発生量
 B: エネルギー消費量
 C: イニシャルコスト
 D: ランニングコスト
 E: 設置面積
 F: 薬品代
 G: 環境に与える影響
 H: 運転人員

評価点
 5: 最大
 4: 大
 3: 中
 2: 小
 1: 最小

磁性体凝集剤を利用したフッ素吸着剤を開発することにより、汚泥発生量、エネルギー消費量、イニシャルコスト、ランニングコスト、設置面積で従来手法を上回る性能が得られるフッ素除去システムを開発することができた。

成果の概要【難分解性化学物質分解】

① オゾン処理とAOP処理

- ・AOPにより1,4-ジオキサンを0.5mg/L以下に低減
- ・AOP+生物処理がオゾン+生物処理に比べ消費エネルギーを1/3以下に低減

★② MBR(ジオキサン分解菌)+AOP処理

- ・1,4-ジオキサンがMBR(1,4-ジオキサン分解菌)で低減
- ・後段のAOP処理で長期間安定的に0.5mg/L以下に低減

③ 最適処理システムの検討

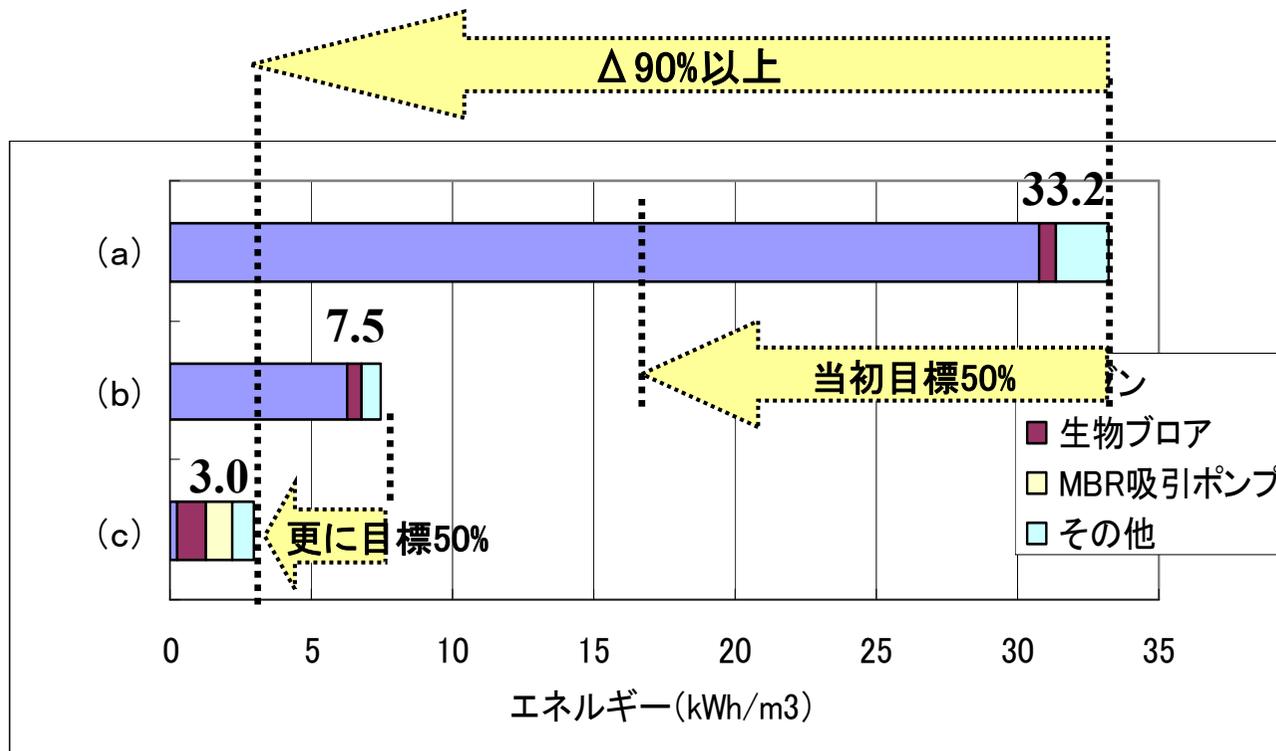
- ・対象排水を設定、消費エネルギーを試算
- ・既設装置に1,4-ジオキサン処理システム(MBR+AOP処理)を追加する場合、従来(オゾン+生物処理)に比べエネルギーを90%以上削減

3. 研究開発成果について

公開

(2) 成果の概要 : 高効率難分解性物質分解技術の開発/難分解性化学物質分解 (住友精密工業)

MBR(ジオキサン分解菌)+AOPで 消費エネルギー90%以上削減

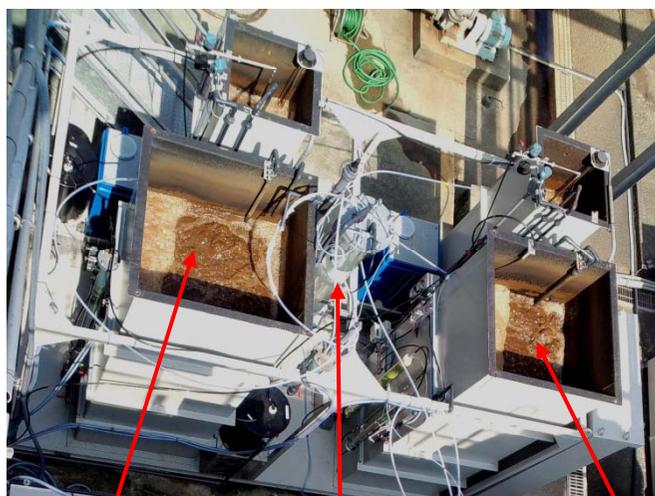
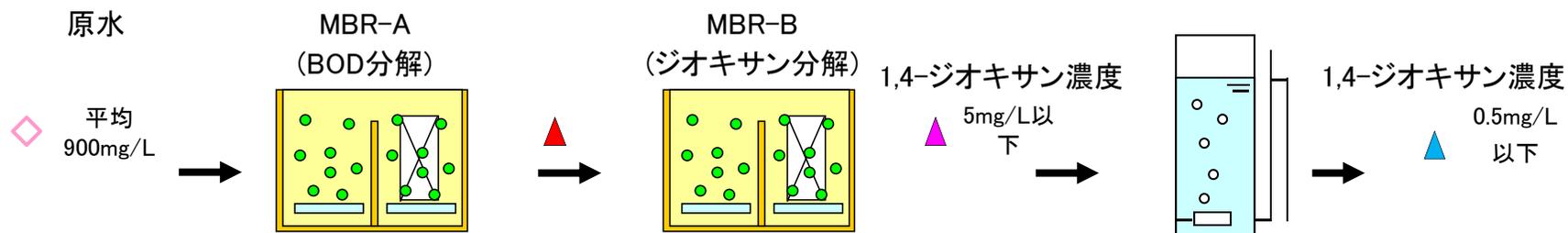


- (a) 従来式 オゾン+生物処理
- (b) 当初計画方式 促進酸化+生物処理※
 ※後処理 (易分解性化学物質分解)
- (c) 新提案方式 MBR (ジオキサン分解菌) + 促進酸化処理

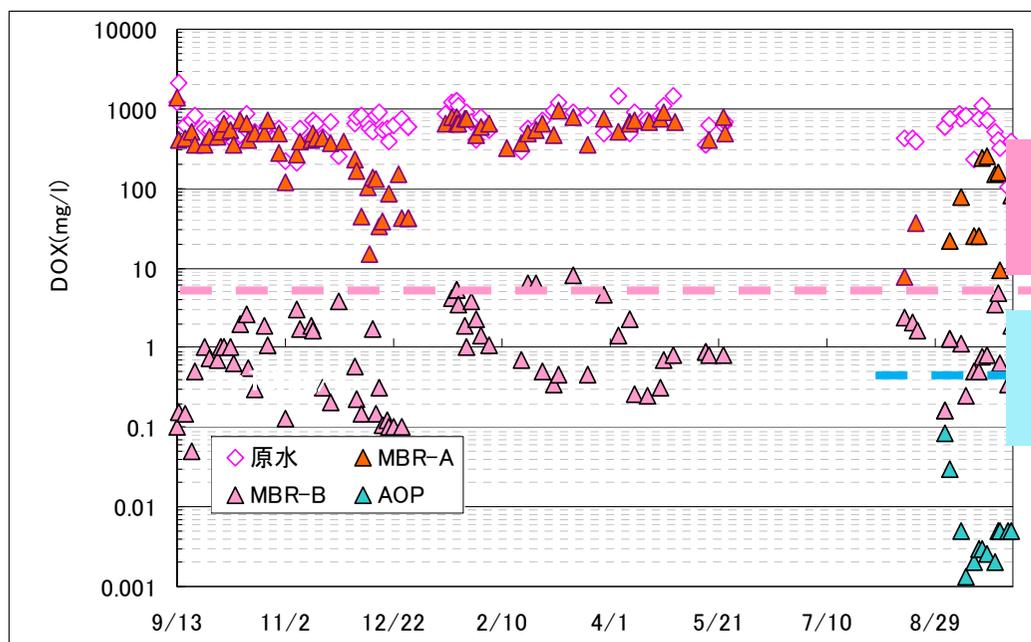
3. 研究開発成果について

(2)成果の概要 : 高効率難分解性物質分解技術の開発／難分解性化学物質分解 (住友精密工業)

公開



MBR-B 促進酸化処理 MBR-A



**MBR-B(ジオキサン分解菌)処理で5mg/L以下まで低減可能。
さらに促進酸化処理で0.5mg/L以下まで低減可能**

成果の概要【新機能生物利用】

(1)新機能微生物を利用した窒素処理システムの開発

- ・曝気エネルギー等使用エネルギーを50%削減

① 低水温型アナモックス菌の集積培養

- ・低水温下で高活性アナモックスの培養成功(世界初)



② 実排水を用いたアナモックスプロセスの実証

- ・15~20℃での安定処理を確認、処理速度は従来法の10倍以上。
 - 省スペース化(処理性能の高速化)
 - 産業排水への適用(適用範囲の拡大)

③ 1槽型プロセスの実証

- ・好気反応と嫌気反応を同一槽で実施。
 - 維持管理の容易なシンプルな装置

アナモックス(Anaerobic Ammonium Oxidation): 嫌気性アンモニア酸化反応

3. 研究開発成果について

(2)成果の概要 : 高効率難分解性物質分解技術の開発/新機能生物利用(日立製作所)

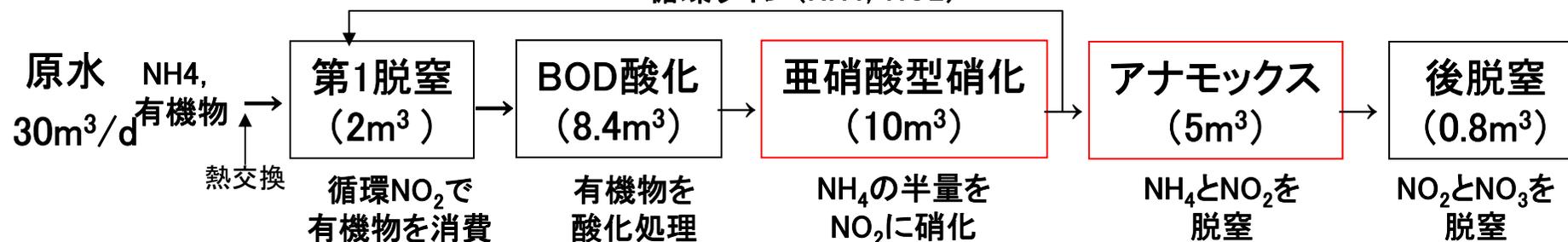
公開

産業排水(実排水)を用いた低水温条件下での実証運転に成功

○装置概要

処理水量: 30m³/d (at30°C、700mg/L)

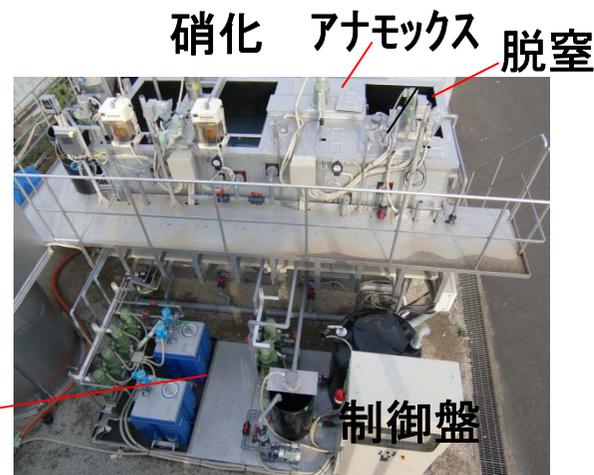
循環ライン(NH₄, NO₂)



○装置写真



実証試験装置(正面)

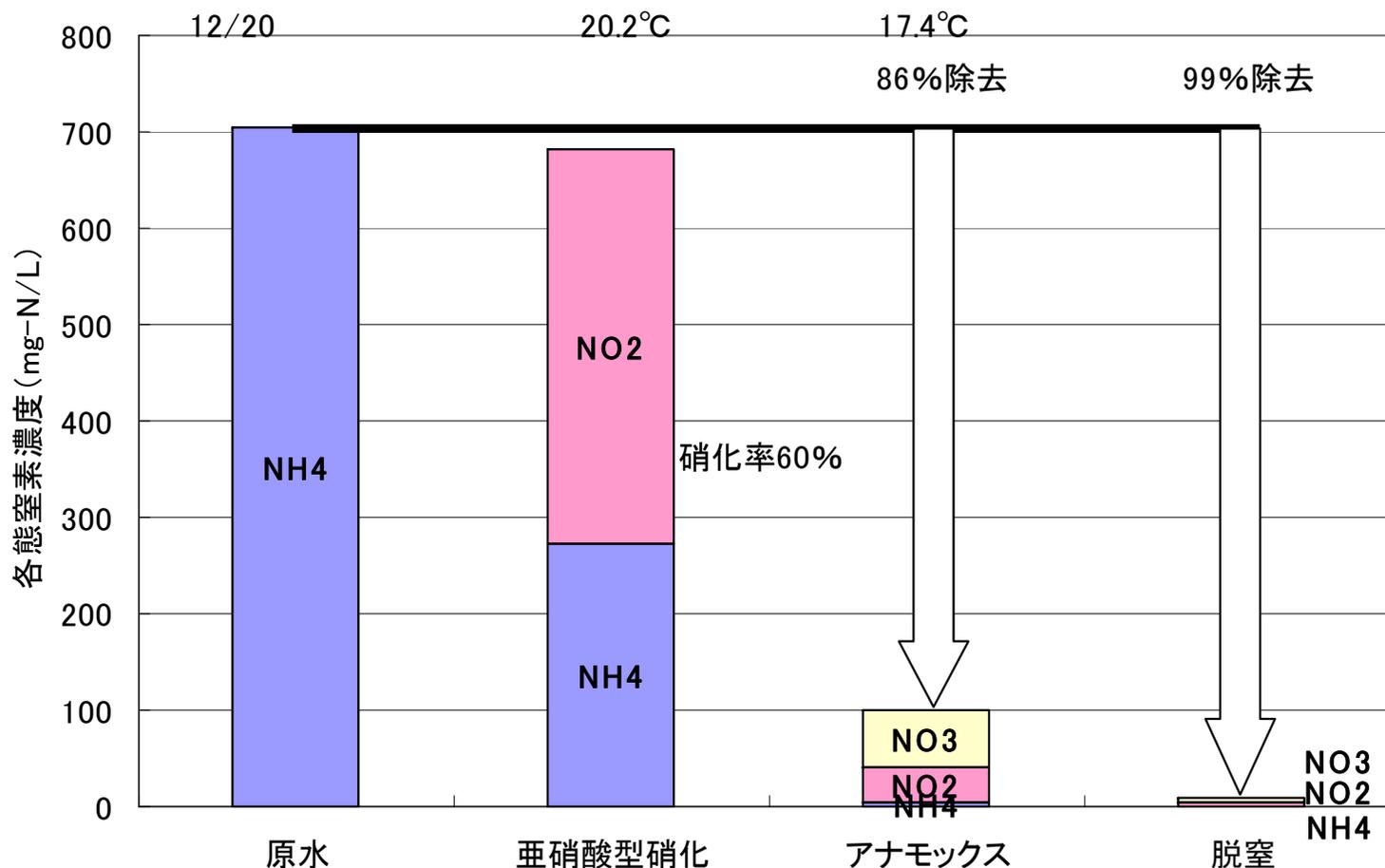


実証試験装置(上部)

3. 研究開発成果について

(2)成果の概要： 高効率難分解性物質分解技術の開発/新機能生物利用(日立製作所)

公開



低水温条件下で99%以上の高い窒素処理性能を確認

3. 研究開発成果について

(2)成果の概要： 高効率難分解性物質分解技術の開発/新機能生物利用(日立製作所)

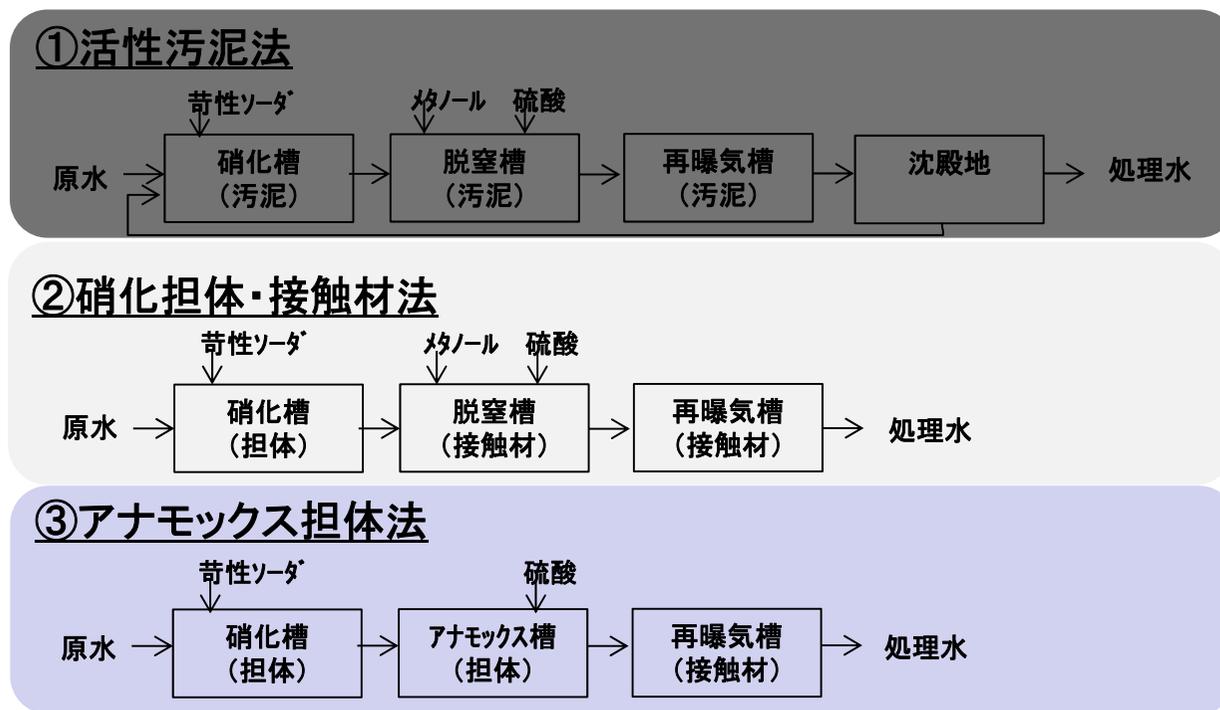
公開

開発システムの効果 試算条件

項目	数値
処理水量	500 m ³ /d
原水NH ₄ 濃度	700 mg-N/L
アルカリ度	2,500 mg/L
無機炭素濃度	560 mg/L
水温 (水温低下なし)	20 °C
窒素除去率	80 %
処理水DO濃度	1.5 mg/L
pH	7.5

試算結果

項目	①活性汚泥法*1 (システム設計不可)	②硝化担体・ 接触材法	③アナモックス 担体法	アナモックス 担体法効果
消費電力(kWh/d) 【③との比率】		2,962 【2.2】	1,318 【1】	56%減
水槽容積(m ³) 【③との比率】	参考 (6,388) 参考 【17】	3,349 【9】	369 【1】	94%減
運転費(千円/年)*2 【③との比率】		116,000 【5.1】	22,900 【1】	80%減



3. 研究開発成果について
(3)知財及び (4)成果の普及

公開

知財及び 成果の普及

	2009 年度	2010 年度	2011 年度	2012 年度	2013 年度	計
特許出願(うち外国出 願)	7 (1)	15 (4)	16 (7)	12 (3)	8 (2)	58件 (17件)
論文(うち査読付き)	0	10 (8)	13 (8)	13 (6)	12 (9)	48件 (31件)
研究発表・講演	18	41	36	39	17	151件
受賞	0	2	0	0	0	2件
新聞・雑誌等への掲 載	3	3	1	2	5	14件
展示会への出展	1	1	1	3	1	7件

Inter Aqua 展示会への出展(毎年) (2010,2011,2012,2013,2014)



InterAqua2014での成果普及

プロジェクトの考える実用化・事業化

当該研究開発に係る各要素技術毎の試作品、サービス等の社会的利用(顧客への提供等)が開始されることであり、さらに、当該研究開発に係る各要素技術毎の機器、システム等の販売や利用により、企業活動(売り上げ等)に貢献することを言う。

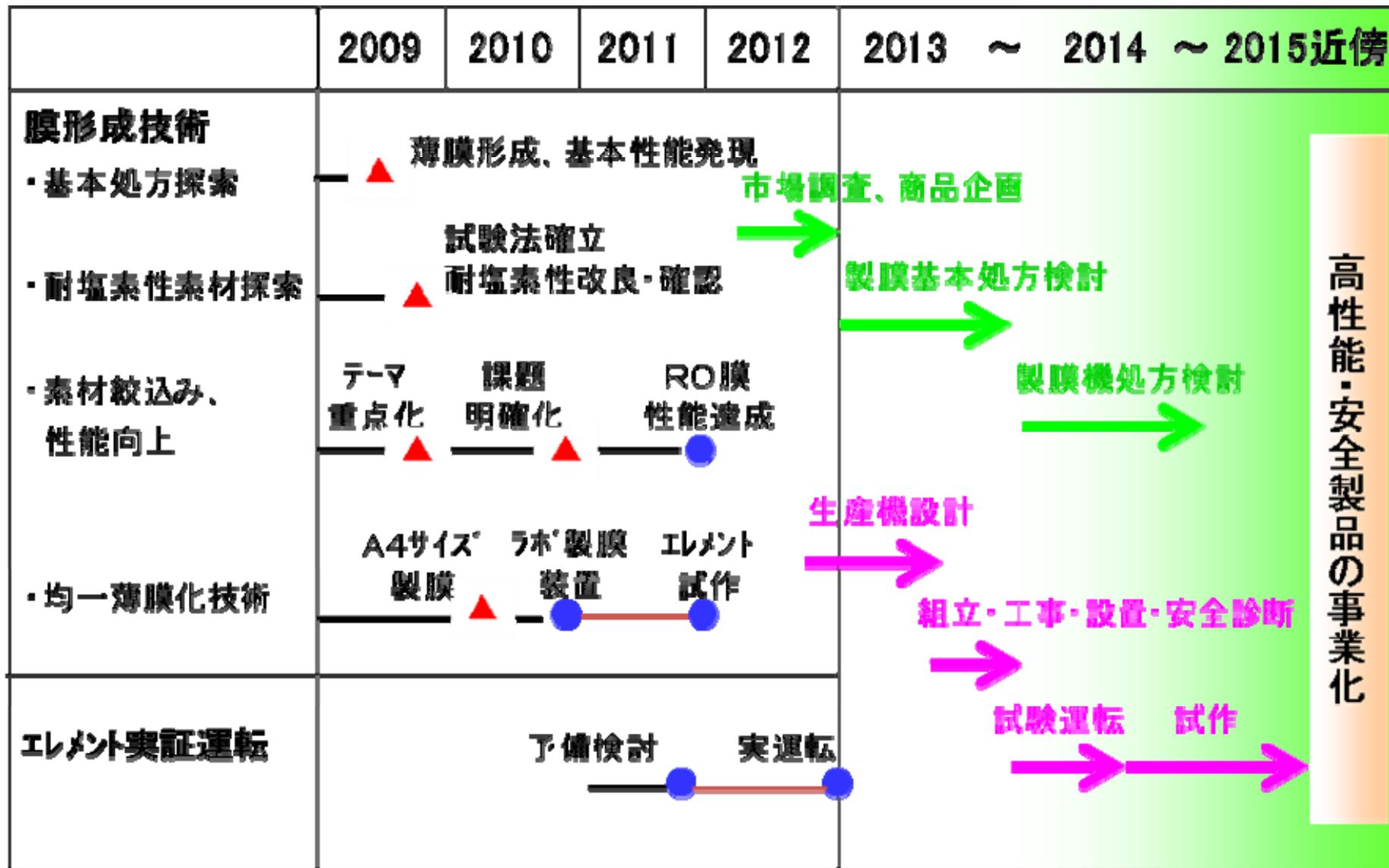
具体的には、各々の要素技術毎に以下の事業化を考えている。

開発項目	事業化ターゲット(製品)
革新的膜分離技術の開発	RO膜、RO膜モジュール NF膜、NF膜モジュール
省エネ型膜分離活性汚泥法技術の開発	MBR膜ユニット MBRシステム
有用金属・有害物質の分離・回収技術の開発	無電解ニッケルめっき 亜鉛吸着剤 ニッケル回収装置 金属廃液・汚泥処理装置 ほう素吸着システム フッ素除去システム
高効率難分解性物質分解技術の開発	1,4-ジオキサン処理システム 窒素処理システム

4. 実用化、事業化に向けての見通し及び取り組みについて

革新的膜分離技術の開発／RO膜の開発（東レ）

公開

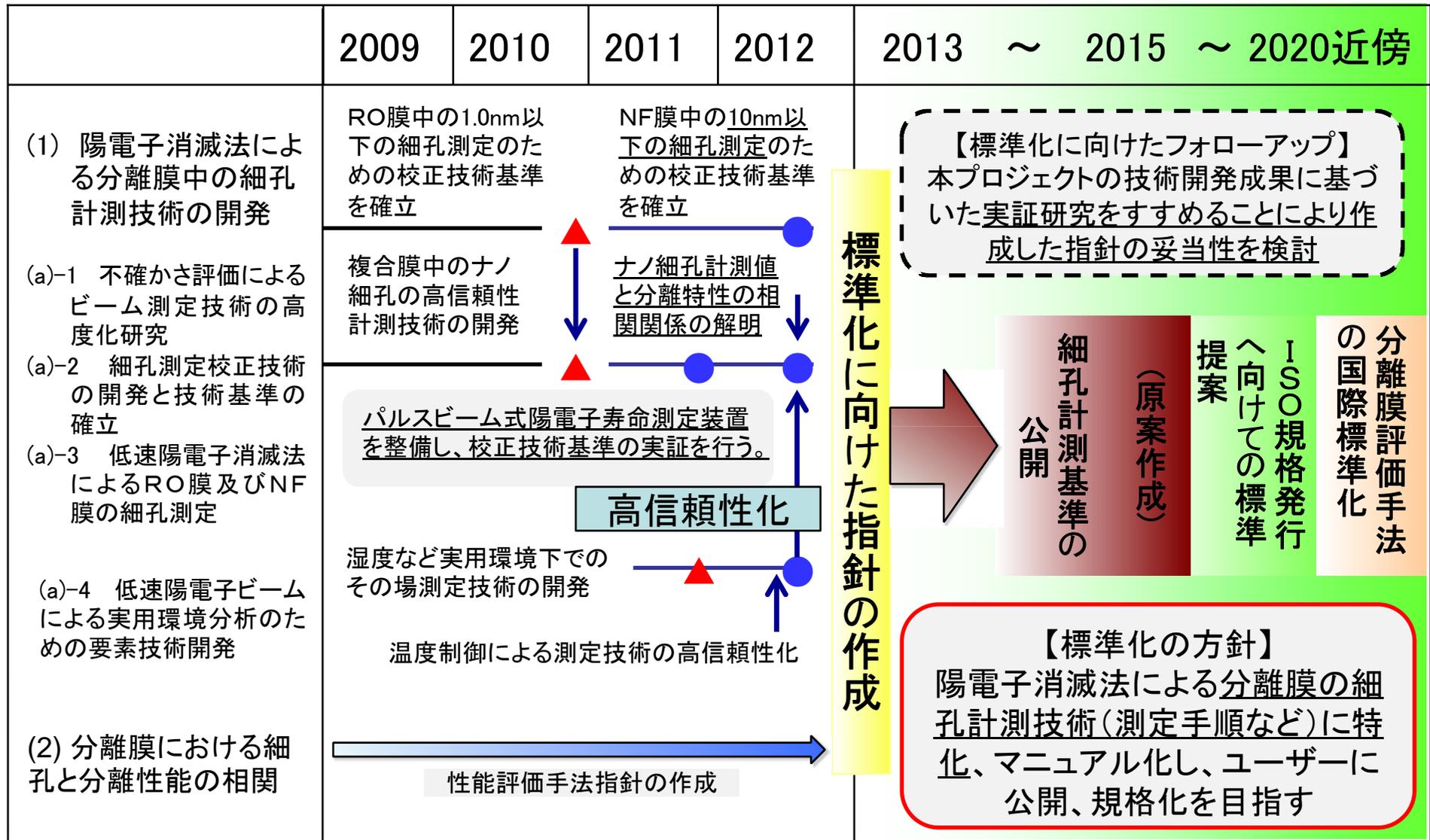


▲: 基本原理確認 ▲: 基本技術開発 ●: 実証確認

4. 実用化、事業化に向けての見通し及び取り組みについて

公開

革新的膜分離技術の開発／細孔計測技術・性能評価手法の開発（産業技術総合研究所、熊本県産業技術センター）

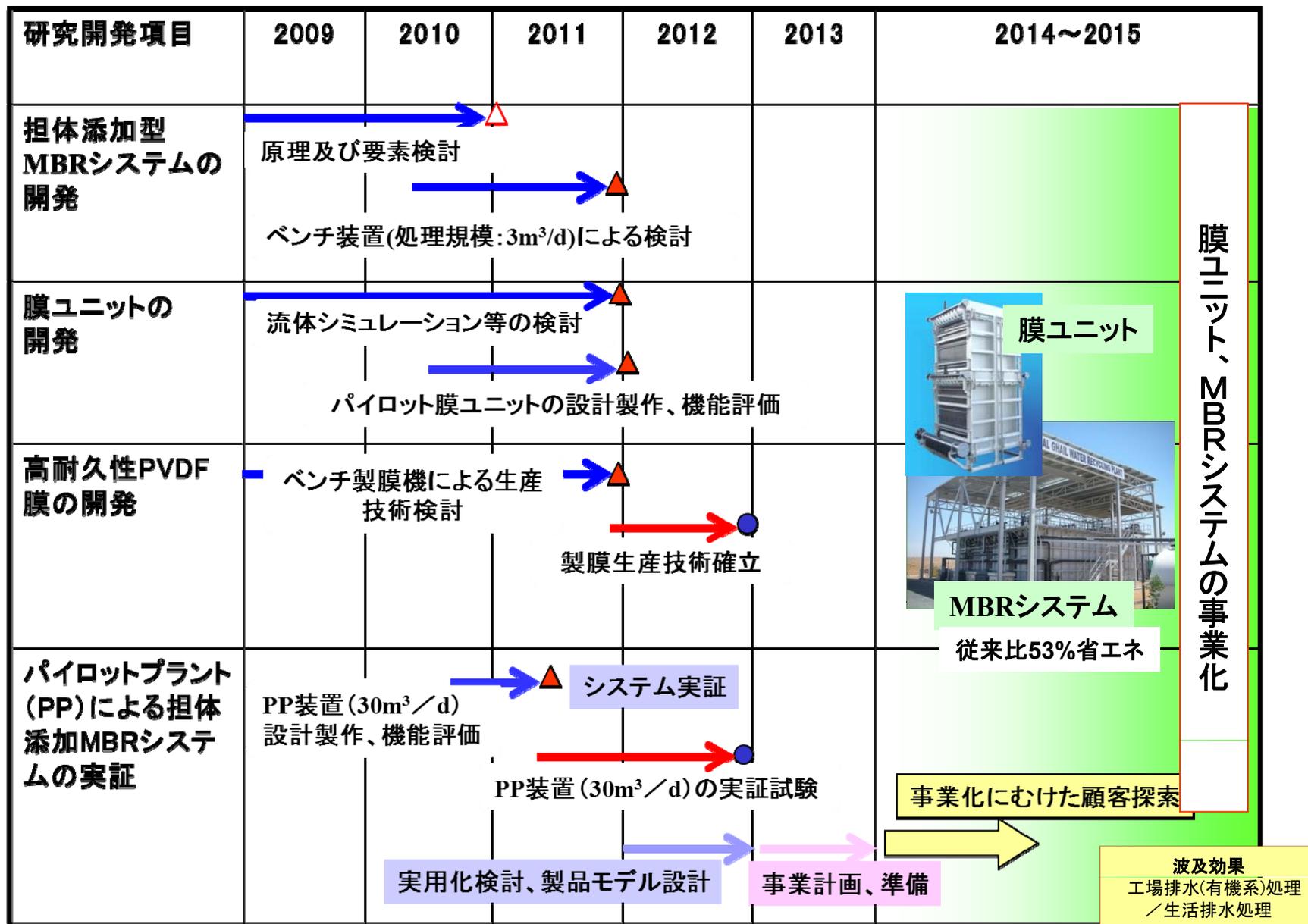


△: 基本原理確認 ▲: 基本技術開発 ●: 実証確認

4. 実用化、事業化に向けての見通し及び取り組みについて

公開

省エネ型膜分離活性汚泥法技術の開発／担体添加型MBRシステムの開発（日立製作所・東レ）

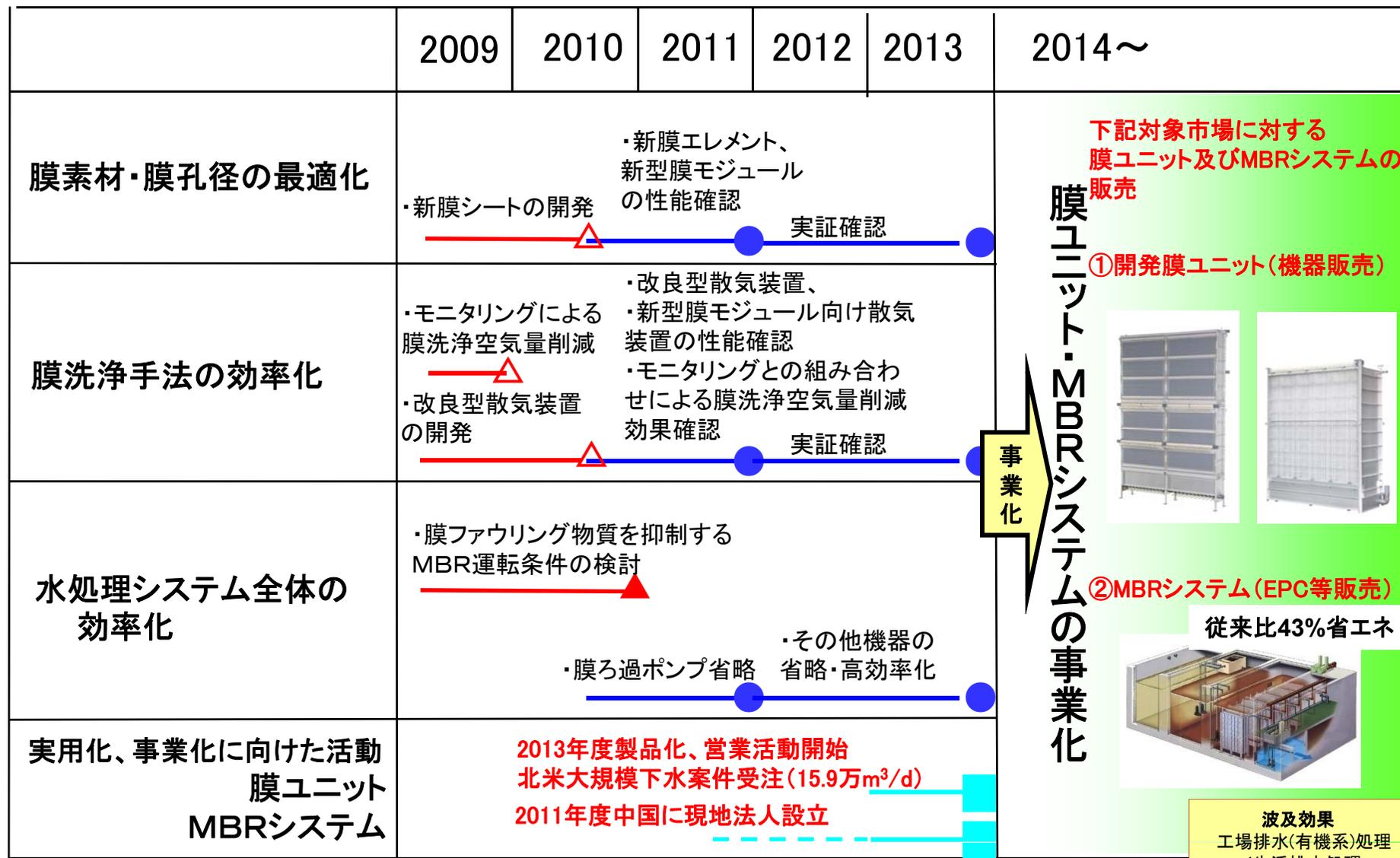


△: 基本原理確認 ▲: 基本技術開発 ●: 実証確認

4. 実用化、事業化に向けての見通し及び取り組みについて

省エネ型膜分離活性汚泥法技術の開発／省エネ型MBR技術の開発（クボタ）

公開



△ : 基本原理確認 ▲ : 基本技術開発 ● : 実証確認

4. 実用化、事業化に向けての見通し及び取り組みについて

公開

有用金属・有害物質の分離・回収技術の開発（日本カニゼン、アクアテック、新日本電工、鎌田バイオ・エンジニアリング）

		2009	2010	2011	2012	2013	2014 ~ 2020近傍
抽出	めっき液 長寿命化	抽出挙動	被膜	経済性	実用化検討	●	無電解ニッケルめっき 亜鉛吸着 剤事業化
	新抽出装置による金属回収	抽出挙動、相分離、加速機構			実用化検討	●	めっき廃液からのニッケル回収装置事業化
沈殿	COD成分分解と促進酸化物沈殿複合処理	COD成分の分解除去、汚泥削減			特定企業向け検討		国内事業所向け展開 海外進出企業向け 海外企業向け
	汚泥削減・有用金属回収	硫化Ni酸化	汚泥からの金属分離	実用化検討	●	納入実績あり	汚泥削減ニッケル・銅などの回収事業 物質循環型金属廃液・汚泥処理事業
吸着	ほう素吸着剤	吸着剤	ハンドリング性	実用化検討	●	実用化検討継続	ほう素吸着システム事業化
	ミカン搾汁残渣を用いたフッ素除去	吸着剤	吸着装置	実用化試験	●	実用化検討受注活動開始	フッ素除去システム事業化

△：基本原理確認 ▲：基本技術開発 ●：実証確認

4. 実用化、事業化に向けての見通し及び取り組みについて

高効率難分解性物質分解技術の開発／難分解性化学物質分解(住友精密工業)

公開

	2009	2010	2011	2012	2013	2014 ~ 2020近傍
生物処理技術	<p>COD除去 → \triangle 菌の同定 馴養方法の確立 → \triangle → \blacktriangle</p> <p>分解の確認 条件最適化 → \blacktriangle</p>					<p>1,4-ジオキササン処理システムの事業化</p>  <p>事業化</p> <p>受注活動開始</p> <p>波及効果 化学工業、繊維工業等</p>
促進酸化処理技術	<p>ジオキササンの分解特性 → \triangle 条件最適化 → \blacktriangle</p> <p>促進酸化、オゾンとの比較による</p>					
実用化レベルの処理技術	<p>試験装置設計 →</p> <p>パイロット規模の試験装置による確認 長期運転による技術確立 ●</p> <p>低温、水質変動の対応含む → ●</p>					

\triangle : 基本原理確認 \blacktriangle : 基本技術開発 ● : 実証確認

4. 実用化、事業化に向けての見通し及び取り組みについて

高効率難分解性物質分解技術の開発／新機能生物利用(日立製作所)

公開

研究開発項目	2009	2010	2011	2012	2013	2014～2020	
新機能微生物の培養・維持	中温菌	大量培養				 <p>培養確認</p> <p>アナモックス担体</p>	
アノモックス菌の固定化技術の開発	低温菌	集積培養					波及効果 下水汚泥等
亜硝酸型硝化技術	固定化	大量造粒					波及効果 畜産廃水等
低水温対応型アノモックスシステムの開発				実廃水での実証試験			 <p>事業化</p> <p>窒素処理システム</p> <p>システムの実用化実現</p>
1槽型アノモックスシステムの開発				実廃水での実証試験			

△: 基本原理確認 ▲: 基本技術開発 ●: 実証確認